técnica

380

associação dos estudantes do instituto superior técnico

julho 1968

revista de engenharia

HELIAÇO

VARÕES DE AÇO DE ALTA RESISTÊNCIA PARA BETÃO ARMADO TIPO A. 40
(«Heliaço» e «SNT 40»)

TENSÕES DE SEGURANÇA
Ra = 2400 kg/cm²
e
Ra = 4000 kg/cm² (SISMOS)

Literatura e Tabelas de Cálculo fornecidas gratuitamente

HELIAÇO, LDA.

R. DE S. JULIÃO, 41, 4.º D. — LISBOA

Tel.: 36 78 17 - 32 37 06 - 36 94 77

UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA

S. A. R. L.

SEDE

Rua de Alexandre Herculano, 244 — PORTO

TELEFONES: 2 76 76 / 77 / 78 / 79 — Est. 90

DELEGAÇÃO

Rua Rosa Araújo, 35 — LISBOA

TEL.: 73 11 81/82/83/84/85/86 - 73 33 33 - 48 491

●

ELECTRICIDADE DO LINDOSO E DAS CENTRAIS DO FREIXO E DA CACHOFARRA

●

A **UNIÃO ELÉCTRICA PORTUGUESA** distribui, pela mais extensa rede de alta tensão em Portugal (cerca de 2 500 km), energia eléctrica em 70 concelhos, nos distritos de VIANA DO CASTELO, BRAGA, PORTO, AVEIRO, COIMBRA, VISEU, LEIRIA, SETÚBAL e ÉVORA.

CIMENTO SECIL

Fábrica:

Outão — Setúbal

Telef. 228824/5

Escritório:

R. do Comércio, 56-3.º

LISBOA 2

Telef. 328201/2/3

técnica

NUMERO 380 JULHO DE 1968 ANO XLIII VOLUME XXX PUBLICAÇÃO MENSAL

Director
Vítor M. M. Pinto

Administrador
Vítor Coias e Silva

Redactores
Ana Maria Sobral
A. J. Tavares Pires
J. C. Alves da Silva
João M. Pereira

Editor e Proprietário
Associação dos Estudantes do Instituto Superior Técnico

Redacção e Administração
Avenida Rovisco Pais
Telefone 77 54 49
Lisboa 1

Assinaturas

		5 N.os	10 N.os
Continente e Ilhas	—	70$00	130$00
Ultramar, Brasil e Espanha	—	80$00	140$00
Estrangeiro	—	90$00	150$00

Número avulso — 20$00

Não se publica em Agosto e Setembro.

Os artigos assinados são da exclusiva responsabilidade dos seus autores.

Composto e impresso na Tipografia Jorge Fernandes, Lda. — Rua da Cruz dos Poiais 103 — Lisboa

SUMÁRIO

541 *DAVID LEITE* — **Estudo do factor de ruído de amplificadores transistorizados.**
Study of the noise factor in transistorized amplifiers.

551 *JANEIRO BORGES* — **O túnel aerodinâmico do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.**
The wind tunnel of the «Laboratório Nacional de Engenharia Civil».

557 *PINTO ALMADA* — **A segurança nos estaleiros e alguns aspectos com ela relacionados.**
Security in dam works.

569 *J. MADEIRA COSTA* — **Dimensionamento à flexão simples de secções de betão armado em relação à rotura.**
Simple bending ultimate design of reinforced concrete sections.

579 *NELSON MONTES* — **Economia e produtividade na Indústria da Construção. Alguns aspectos mais característicos.**
Economy and productivity in building industry. Some characteristic aspects.

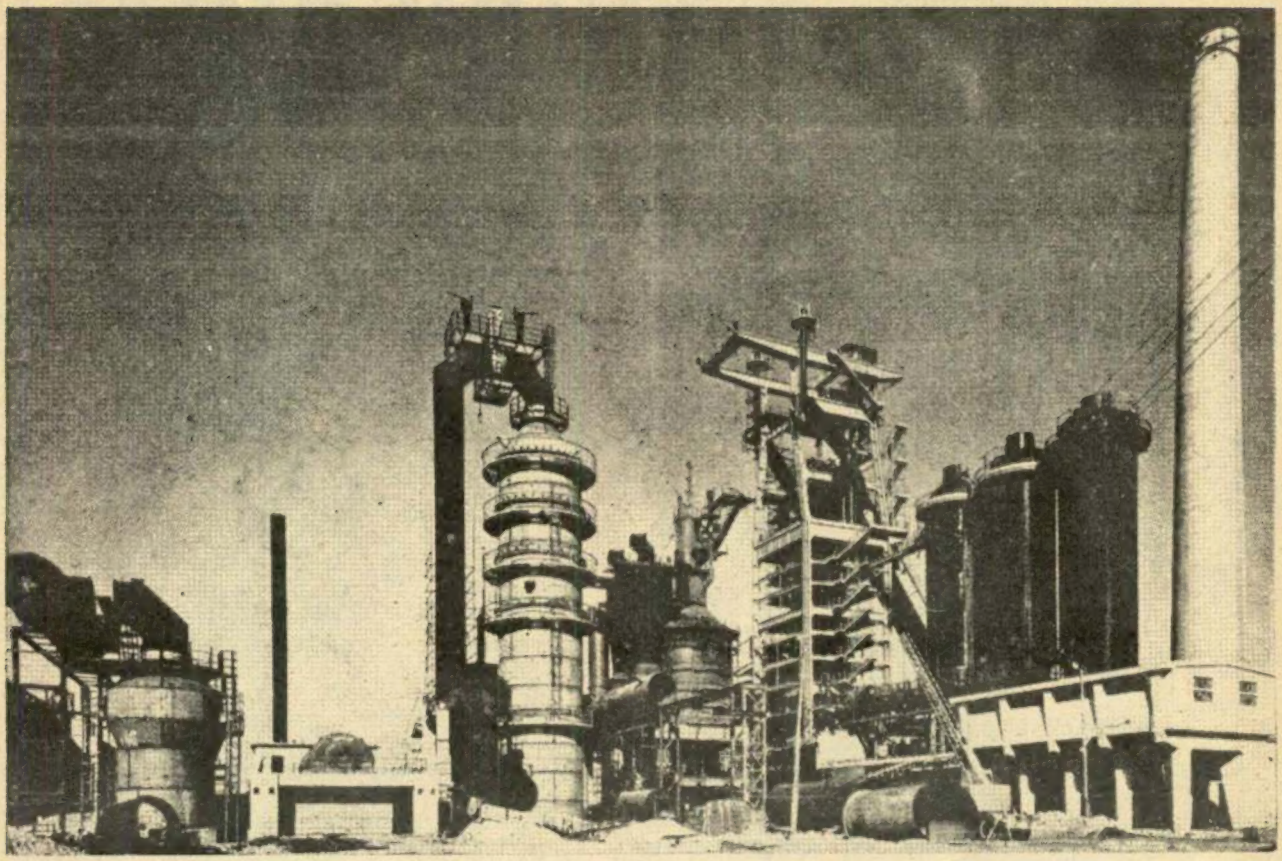
578 **Notas Informativas**
Elementos sobre a produção e o consumo de energia na rede eléctrica nacional.

Bibliografia

CAPA: U. F. A. — Sulfato de Amónio — Interior do Silo.

ÍNDICE ALFABÉTICO DOS ANUNCIANTES

	Pág.
AEG	XV
A. Johnson & Co (Portugal), Ltd.	XXVII
Asea Eléctrica	V, VII, XXIX e XXXI
Auto-Lusitânia	2.ª da capa
Bethencourt Bros	XXI
Cerâmica de Vale de Lobos, Lda.	XX
Cimento Secil	2.ª da capa
Companhia de Cimentos Brancos	VI
Construções Técnicas	XVII
Dial	XX
Electrotécnicos Reunidos	XII
Electro-Arco, Ltd.ª	II
Empresa de Cimentos de Leiria	XXX
Empresa Electro Cerâmica	XXIX
Empresa de Produtos Asfálticos	X
Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Lda.	3.ª da capa
Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos	XI
Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações	XVI
Fábricas Metalúrgicas ALBA	XXXII
Fanafel	XVI
Fássio, Lda.	XIV
Fundações Franki, Lda.	I
Guedes & Almeida, Lda.	VII
Guedal	XX
Heliaço	2.ª da capa
I. S. T.	XXII
Jayme da Costa, Lda.	XIX
Johann Keller	V
J. F. Azevedo e Silva	IV
J. J. Silva & Irmão	V
J. Roma	VII
LISNAVE	XXI
MAGUE	XIII
Novobra, Lda.	XXII
Rotring	XXVI
Siemens	4.ª da capa
Soc. Industrial Metalúrgica	XXXI
Sociedade Portuguesa Cavan	VI
Somague	XXXII
Sondagens e Fundações A. Cavaco	II
Sondagens Ródio, Lda.	VII
Sopecate	II
Standard Eléctrica	IX
STET	XXIII
Tudor	XXXI
União Eléctrica Portuguesa	2.ª da capa
Wild Portugal, Lda.	III



ALTO FORNO — SIDERURGIA NACIONAL (Seixal)

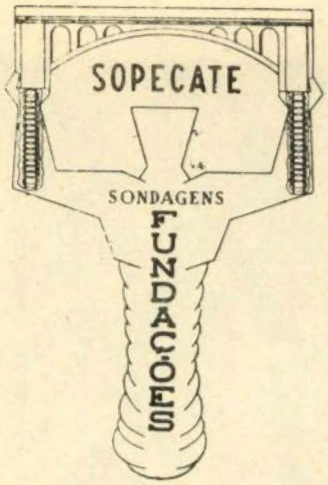
Assente sobre Estacas FRANKI

FUNDAÇÕES FRANKI L.DA

RUA BRAAMCAMP, 13-3.º — LISBOA 1 — TEL. P. P. C. 53 41 12/3/4 — ENDEREÇO TELEGRÁFICO: FRANKI — LISBOA

PRÉDIO SANTOS GIL, 6.º ANDAR — SALA 10 — TEL. 9 11 67 — CAIXA POSTAL 1397

ENDEREÇO TELEGRÁFICO: FRANKI—LOURENÇO MARQUES



sopecate

sondagens - fundações

ESCRITÓRIO: RUA DO ARSENAL 146 2.º TELEFONES 3 40 10 - 32 02 08 LISBOA

• ESTUDOS, PESQUISAS E CAPTAÇÕES DE ÁGUA

• SONDAGENS

• REBAIXAMENTO DE NIVEIS AQUÍFEROS

• FUNDAÇÕES

SONDAGENS E FUNDAÇÕES A. CAVACO, LDA.

R. RODRIGO DA FONSECA, 62, R/C ESQ. — LISBOA - 1

TELEF. 56 11 71/72/73

ELECTRO-ARCO, L.DA

ELÉCTRODOS ✦ POSTOS ✦ ACESSÓRIOS

PARA A SOLDADURA ELÉCTRICA

*

MATERIAL APROVADO PELOS

LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING
BUREAU VERITAS
GERMANISCHER LLOYD

—

LISBOA
Rua Silva Carvalho, 239
Tels. 68 36 49 - 68 48 93

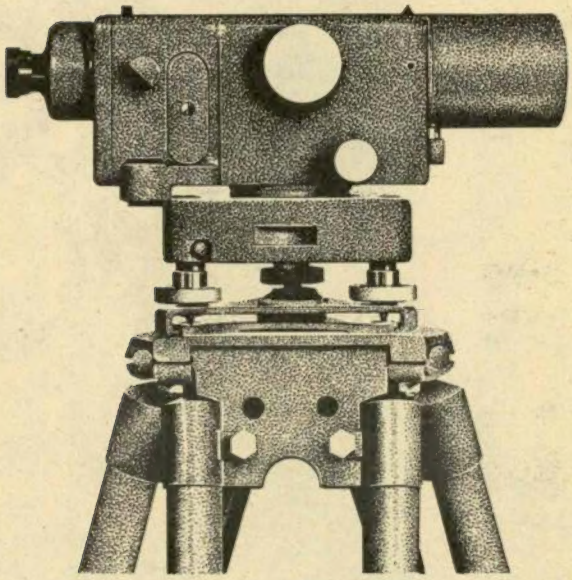
FÁBRICA E LABORATÓRIOS
Venda Nova — Amadora
Tels. 97 06 13 - 97 17 33

PORTO
Rua do Bolhão, 216
Tel. 2 12 77 - 39 44 73

O novo Nível automático de engenheiro

WILD NAK 2

com círculo horizontal



WILD
HEERBRUGG

Para nivelamentos de média e grande precisão; com micrómetro de lâmina de faces plano-paralelas para nivelamentos de grande precisão.

Erro médio para 1 Km de nivelamento duplo: ± 1,5 mm

Erro médio para 1 Km de nivelamento duplo com micrómetro: ± 0,4 mm

Luneta de 30 × de aumento com imagem direita de observação

Solicitem catálogo ou demonstração aos representantes exclusivos

WILD PORTUGAL, LDA.

PRAÇA DAS ÁGUAS LIVRES, 8
LISBOA - 2 — TELEFONE 68 91 12

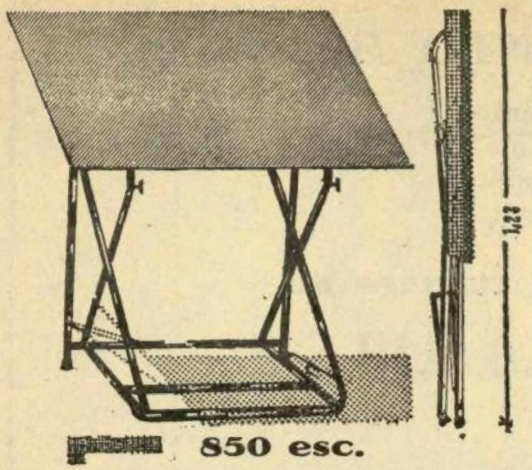
FUSÍVEIS DE A. P. C. — INTERRUPTORES

Para qualidade e segurança e simultâneamente facilidade de montagem, interruptores e fusíveis SOCOMEC dimensionados segundo normas internacionais europeias.

Os interruptores SOCOMEC, pela disposição e dimensionamento dos terminais, são a solução ideal para montagem em conjunto com fusíveis normalizados. As ligações entre os fusíveis e os interruptores são directas, dispensando barramentos em condutores isolados intermediários e os cartuchos de ligação fàcilmente acessíveis pela frente ou por trás.

J. F. DE AZEVEDO E SILVA & C.ª, L.DA

Rua S. Francisco Sales, 2 **Telef. 654165 · Lisboa-1**



850 esc.

CARACTERÍSTICAS: Tubo de aço, articulado em qualquer posição, várias inclinações, fàcilmente transportável, não ocupa espaço quando fechado, prancheta de 1,20 × 0,80 de madeira, em tela. Pintura de estufa.

Em exposição, outros modelos de madeira e metálicos e todo o material de consumo e equipamento de desenho, escritório e papelaria

Distribuidores exclusivos, em Lisboa, do estirador da ***Fábrica Olaio***

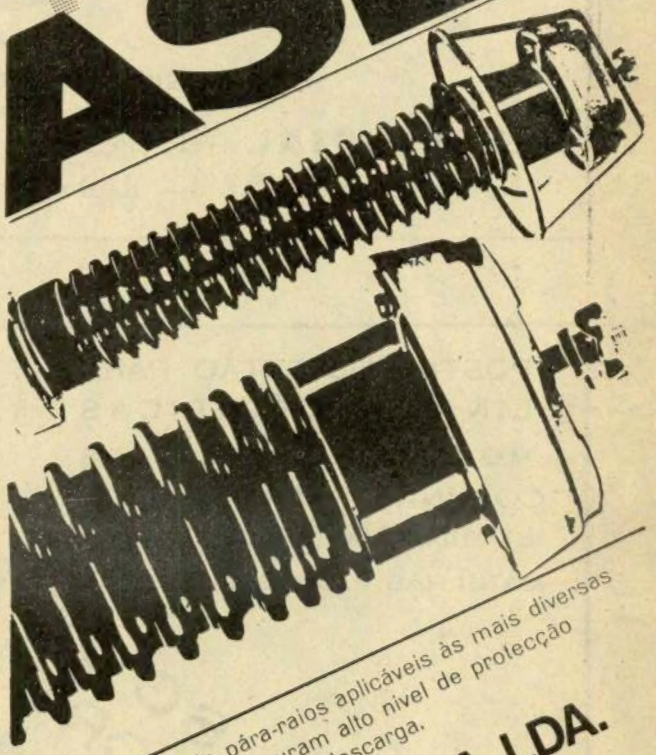
J. J. SILVA & IRMÃO, LDA.

rua silva carvalho 232-b · lisboa · telefone 652750 / 680671

MARCA · A.E.4

Uma força criadora no domínio da electricidade

Pára-raios ASEA



Diversos tipos de pára-raios aplicáveis às mais diversas instalações que asseguram alto nível de protecção e elevada capacidade de descarga.

ASEA ELÉCTRICA LDA.

Estrada do Prior Velho
Tel. 2511101*
SACAVÉM

R. do Campo Alegre, 144
Tel. 62106/7
PORTO

O EMPREGO DO CIMENTO BRANCO...

permite acabamentos mais perfeitos, mais duradouros e muito mais económicos

Estude a vantagem do emprego do

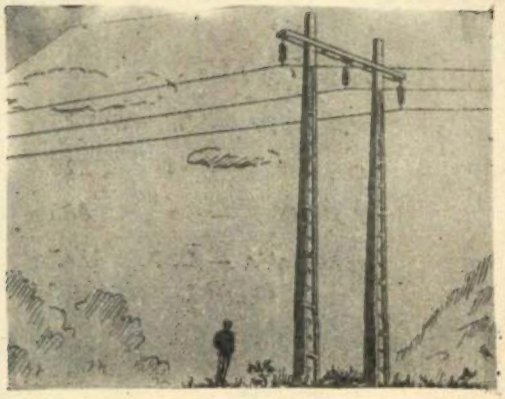
CIMENTO BRANCO LUSO

Consulte os distribuidores gerais

No Sul: **SCIAL** — T. do Corpo Santo, 15 — Telef. 66 61 86 — Lisboa
No Norte: **SCIAL** — R. do Bonjardim, 205 — Telef. 2 5779 — Porto

POSTES DE BETÃO PARA LINHAS ELÉCTRICAS
MOSAICOS E AZULEJOS
COLUNAS PARA ILUMINAÇÃO PÚBLICA
MANILHAS PARA ESGOTOS

SOCIEDADE PORTUGUESA **Carvam**



RUA D. ESTEFÂNIA, 94-A-LISBOA-1 -TELEF. 47812-50129

SONDAGENS RÓDIO, L.DA

LISBOA

RUA DE S. BENTO, 644-3.º

Telefones: 68 80 96/7/8 ✦ Telegramas: BETANSOL

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Engenheiro Consultor: **Walter Weyermann**

- SOLDADURA ELÉCTRICA
- MATERIAL DE PROTECÇÃO

Aparelhagem de medidas eléctricas

✦ indicadora
✦ reguladora
✦ registadora

J. ROMA, L.DA

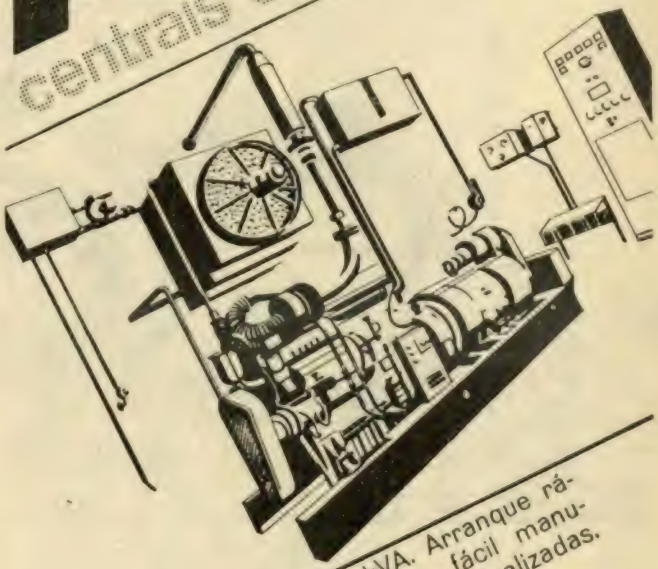
P. da Figueira, 12, 1.º — LISBOA Tel. 865151

P. do Município, 309-6.º S. 3 — PORTO Tel. 0236732

MARCA AE 7

Uma força criadora no domínio da electricidade

Grupos Electrogéneos ASEA centrais de emergência



Normalizados de 20 a 700 kVA. Arranque rápido e seguro, alto rendimento, fácil manutenção. Avarias automàticamente sinalizadas. Entregas rápidas, assistência garantida.

ASEA ELÉCTRICA LDA.

Estrada do Prior Velho
Tel. 2511101*
SACAVÉM

R. do Campo Alegre, 144
Tel. 62106/7
PORTO

WABCO

WESTINGHOUSE
AIR BRAKE COMPANY

Construction Equipment Division
Peoria (Illinois) 61601

MOTO-SCRAPERS AUTO-CARREGADORES

CAPACIDADE DE 11, 21 E 31 JARDAS CÚBICAS

NÃO NECESSITA DE TRACTOR PARA EMPURRE!
UMA SÓ MÁQUINA... UM SÓ OPERADOR...

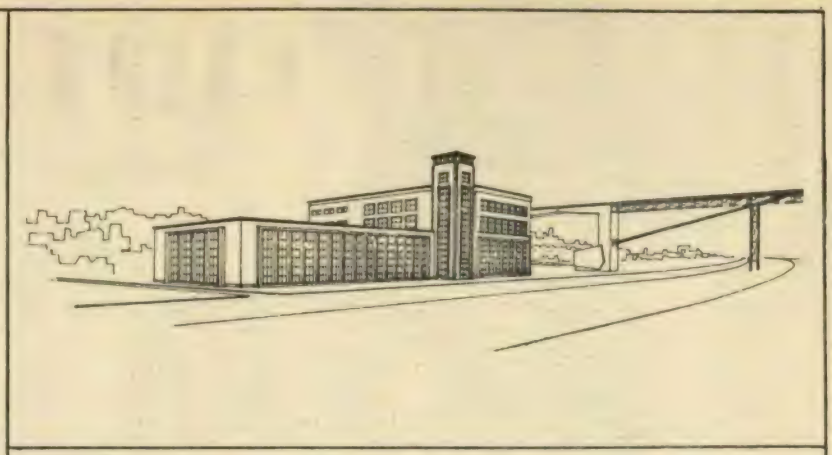
Escarifica... Carrega... Transporta... Descarrega... Em terrenos de toda a natureza!

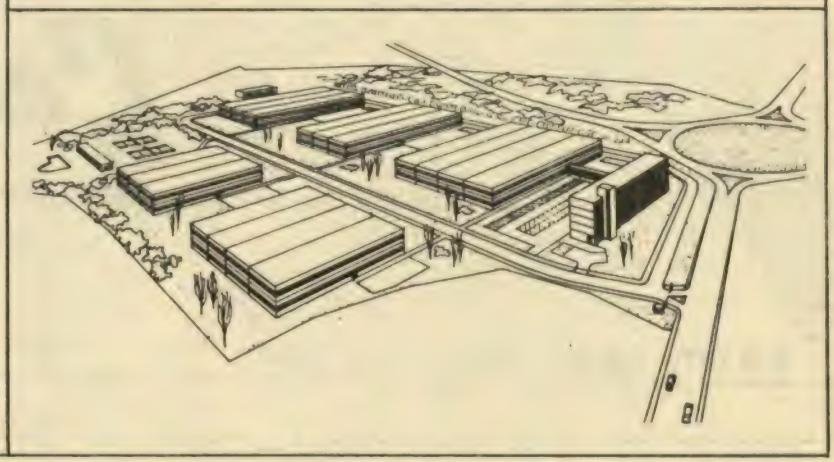
DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO

GUEDES & ALMEIDA LDA.

Rua Áurea, 181-2.º — LISBOA-2 — TELEFS. 32 50 80 e 32 78 45

Através das suas organizações de: LISBOA • LUANDA LOBITO • NOVA LISBOA e Agências de: PORTO, GUINÉ, S. TOMÉ E PRÍNCIPE e CABO VERDE fornecerá todos os elementos técnicos, para criteriosa escolha, assistência técnica e sobresselentes.
A1-a





O CRESCIMENTO COMO FACTOR DE DESENVOLVIMENTO

Tal como as árvores, quando bem cuidadas, criam raízes, crescem, ramificam-se e dão bons frutos, assim as empresas, quando bem dirigidas, definem uma posição, desenvolvem-se, diversificam as suas actividades e lançam nos mercados produtos de alta qualidade.

A Standard Eléctrica, pioneira da indústria das Telecomunicações e Electrónica em Portugal, que em 1932 não dispunha de mais de uma escassa dezena de empregados, conta hoje com mais de 2200 pessoas nas suas fábricas de Lisboa, Cascais e Luanda. O ritmo de crescimento e expansão tem sido de tal modo elevado que o volume de vendas passou de 30 000 contos em 1957 para 300 000 em 1967, prevendo-se que em 1970 a produção total da Standard Eléctrica atinja o valor de 1 500 000 contos, dos quais 1 000 000 se destinam à exportação.

A Standard Eléctrica é, pois, um valor positivo na indústria nacional, que tem como base o elevado nível técnico e profissional e ainda o magnífico esforço de todos os que nela trabalham.

Standard Eléctrica

ITT

FRIO CALOR

Celulite

O material mais usado no isolamento térmico das construções

SETH, LDA. · Rua Filipe Folque, 10-1.º · Lisboa · Tel. 53 01 56

PARA COLAGEM DE TACOS DE MADEIRA USE:

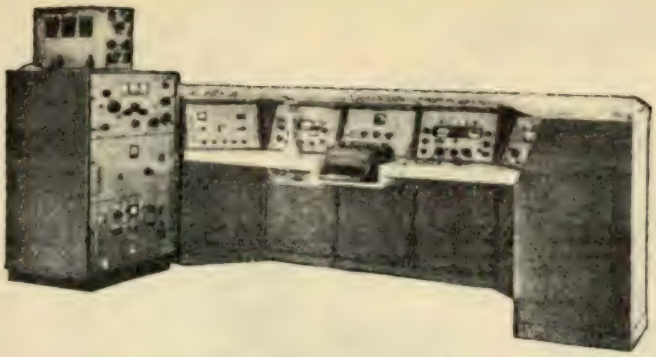
EMPRESA DE PRODUTOS ASFÁLTICOS
IMEPA
IMPERMEABILIZADOR

EMPRESA DE PRODUTOS ASFÁLTICOS
BRANQUEPA
COLAS BRANCAS

Também próprio para: impermeabilizar terrenos, paredes, fundações, etc.

FÁBRICA EM SACAVÉM

RUA FILIPE FOLQUE-10 1º— LISBOA
TELEF. 53 01 56 —TELEG. EPALDA-LISBOA



Comunicações

equipamentos
e sistemas completos

- Cuidadosamente projectados
- Amplamente experimentados
- Completamente integrados

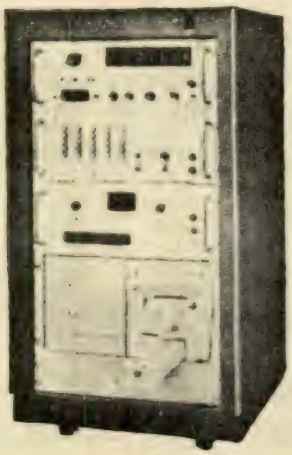
THE TECHNICAL MATERIEL CORPORATION

HEWLETT **PACKARD**

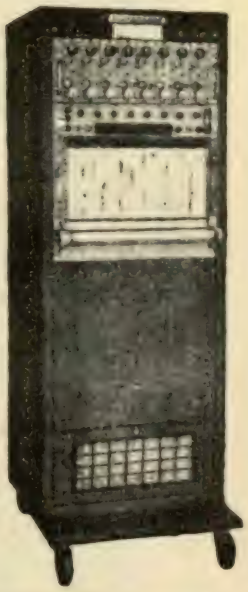
aparelhagem electrónica de medida e registo

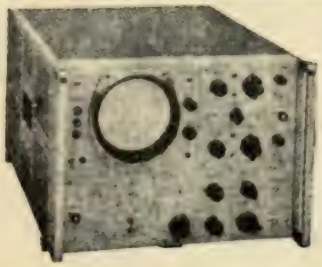
Osciloscópios, Oscilógrafos, Voltímetros electrónicos, Geradores de sinal, Contadores electrónicos, Registadores digitais, Fontes de alimentação

Registador digital Dymec



Registador Sanborn

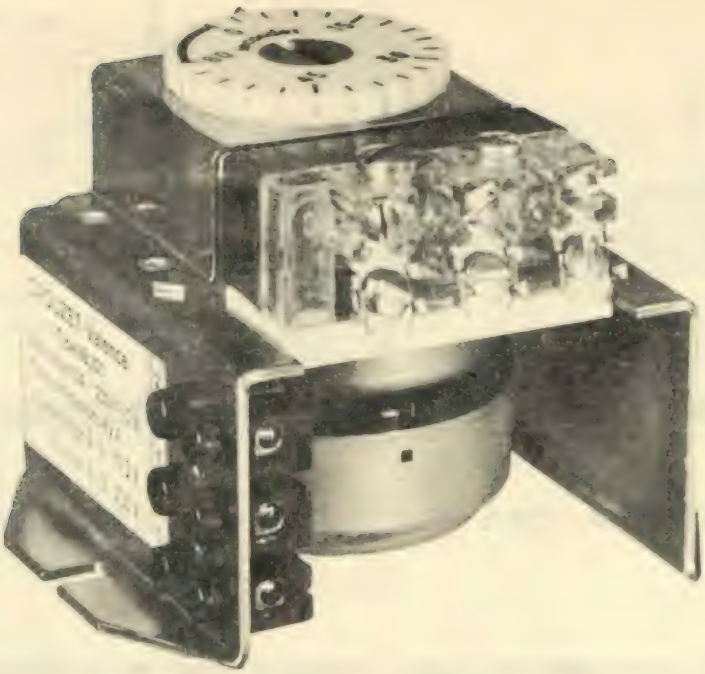




Osciloscópio HP

Contador Electrónico HP

TELECTRA EMPRESA TECNICA DE EQUIPAMENTOS ELECTRICOS, S.A.R.L.



TEMPORIZADOR MINIATURA
CROUZET

O temporizador miniatura Crouzet da série 88 221 é particularmente indicado para aplicações em que o preço e o tamanho são factores importantes.

Apresenta:

- Custo reduzido
- Pequenas dimensões
- Rearme automático
- Gamas de 0,5 a 120 seg.
- Contactos de grande capacidade
- Motor síncrono

ELECTROTÉCNICOS REUNIDOS, LDA.

AV. DUQUE D'AVILA, 66, 3.º TELEF 41161/5

técnica

NUMERO 380 JULHO DE 1968 ANO XLIII VOL. XXX PUBLICAÇÃO MENSAL

C. D. U. 534.66:621.375.4

ESTUDO DO FACTOR DE RUÍDO DE AMPLIFICADORES TRANSISTORIZADOS

por DAVID AUGUSTO DE OLIVEIRA LEITE
Engenheiro, Especialista do Serviço Técnico Geral do L.N.E.C.

RESUMO

Sugerido por um caso particular de preamplificação de sinais da ordem do microvolt, o presente trabalho consta essencialmente do estudo teórico e experimental do factor de ruído de um amplificador transistorizado de alto ganho, na banda de 100 a 10 000 Hz e do seu dimensionamento, construção e ensaio.

Na determinação experimental do factor de ruído utilizaram-se três métodos, para os quais se deduziram as expressões a empregar nas condições de ensaio. Observou-se boa concordância entre os vários métodos.

SYNOPSIS

This paper deals mainly with a theoretical aproach and experimental check of the noise factor in a transistorized high gain preamplifier operating in the 100 — 10 000 Hz frequency range. It also includes the design and test of the amplifier. Such a device is intended to amplify signals in the microvolt range.

For experimental measurement of noise figure three methods were used and the related equations were deduced for the test conditions.

Agreement of these methods was observed.

1 — INTRODUÇÃO

O presente trabalho teve origem num problema cuja resolução implicou o emprego de extensómetros de resistência operando em baixo nível. No domínio da electrotecnia a questão levantada foi a detecção de sinais da ordem do microvolt, tendo sido imediata a necessidade de uma conveniente amplificação desses sinais antes do seu tratamento convencional de desmodulação e registo.

Foi o reconhecimento de que este caso se integra no problema da exploração de sinais de fraca intensidade que determinou o prosseguimento dos estudos no sentido de uma maior generalidade.

O trabalho constou essencialmente do estudo teórico e experimental do factor de ruído de um amplificador transistorizado de alto ganho na banda de 100 a 10 000 Hz e do seu dimensionamento, construção e ensaio.

Na realidade, a qualquer amplificador electrónico está associado ruído que, sendo de natureza intrínseca, não se pode eliminar em absoluto. Pode-se, no entanto, por estudo criterioso, estabelecer condições óptimas para a sua exploração, o que, em última análise, se traduz em averiguar as condições em que o factor de ruído é mínimo.

A banda de frequência sobre que incidiu o nosso estudo foi escolhida tendo em consideração a natureza dos problemas habituais no Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Deve notar-se que na zona das baixas frequências — até cerca de 1 kHz — o ruído nos transistores não está convenientemente estudado e os estudos geral-

mente apresentados se referem apenas a bandas superiores em que o factor de ruído é pràticamente independente da frequência.

Estabeleceram-se três métodos experimentais para a determinação do factor de ruído.

O primeiro método corresponde à utilização da definição básica do factor de ruído e foi-nos sugerido pelo Professor Manuel José de Abreu Faro. Designá-lo-emos por «método das potências disponíveis de ruído».

O segundo, que designaremos sumàriamente por «método de gerador de ruído branco», corresponde a uma modificação e adaptação a circunstâncias locais de um método convencional de duplicação da potência de saída.

O terceiro método, citado também na literatura especializada, baseia-se no mesmo princípio do anterior, mas a duplicação da potência é conseguida aplicando à entrada do amplificador um sinal sinusoidal em vez de ruído branco, e daí o seu possível interesse. Designá-lo-emos por «método de frequência única».

Procedemos, em todos os métodos, à respectiva adaptação às condições locais e à realização dos cálculos numéricos que implicam, uma vez que a determinação da lei de variação de certas funções em estudo só pôde ser obtida por via experimental.

Observou-se boa concordância entre os vários métodos para diversos valores dos parâmetros. É um facto que convém salientar, dada a dificuldade em realizar medições desta natureza, principalmente com os reduzidos meios de que se dispunha.

Assim, determinou-se experimentalmente a lei de variação do factor de ruído com a resistência interna do gerador (fonte de sinal) e verificou-se a existência de um mínimo.

Averiguou-se também experimentalmente que o factor de ruído é aproximadamente constante acima de 1000 Hz e tem, para frequências inferiores, uma lei de variação em que pesa como termo principal uma parcela da ordem de 1/f.

Verificou-se que o emprego de amplificadores sintonizados permitiu melhorar a sensibilidade por aumento apreciável da relação sinal-ruído.

Procedeu-se ainda a ensaios sobre limiares de detecção e, embora a questão seja abordada sob um aspecto puramente experimental, obtiveram-se resultados de interesse que, no nosso entender, merecem ser explorados no futuro.

2 — AMPLIFICADOR A ENSAIAR

Para estudo do factor de ruído construiu-se um amplificador transistorizado cujo esquema se apresenta na Fig. 1. O seu dimensionamento foi norteado pelas seguintes considerações:

1 — Ter um ganho de tensão elevado de modo a poder-se medir, se possível sem posterior amplificação, a tensão de ruído à saída.

2 — Ter uma impedância de saída baixa para possível ligação directa a um par termoeléctrico.

3 — Ser alimentado por pilhas de 4,5 V.

4 — Utilizar nos dois primeiros andares de amplificação transistores de silício de alto ganho de corrente e baixo factor de ruído em montagem de emissor comum, visto que, se o primeiro andar tiver ganho de potência elevado e o factor de ruído do segundo andar for baixo, o factor de ruído do amplificador é pràticamente igual ao do primeiro andar.

5 — Utilizar baixas tensões e correntes de repouso nos transistores dos dois primeiros andares para que o factor de ruído seja baixo nas frequências inferiores a 1000 Hz.

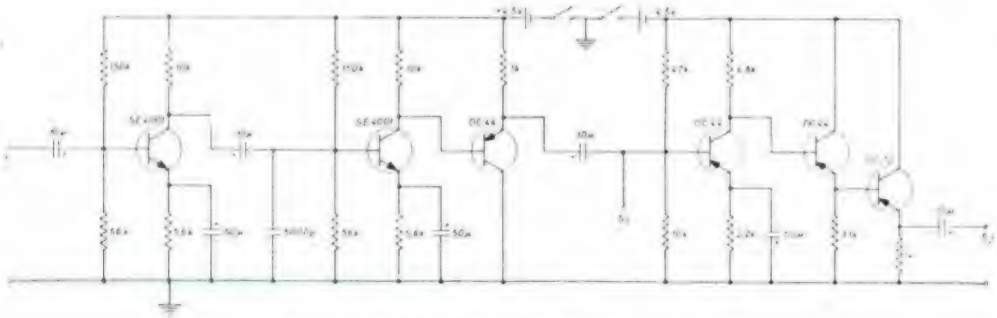


Fig. 1 — Amplificador de baixo factor de ruído

Por se tratar de um amplificador para estudo do ruído não se justifica o emprego de malhas de realimentação a fim de garantir estabilidade de ganho e linearidade; também não se estabilizaram as tensões de polarização por as correntes absorvidas serem muito baixas e terem sido utilizadas pilhas de capacidade suficientemente alta.

Apresenta-se na Fig. 2 a curva de resposta do amplificador, obtida para uma resistência da fonte do sinal de 392 Ω e uma resistência de carga de 680 Ω.

o mesmo valor quadrático médio da tensão a partir duma fonte de ruído branco, ou seja

$$\Delta' f_e = \int_0^{\infty} \left(\frac{A(f)}{A(f_o)} \right)^2 df \qquad (1)$$

Esta largura de banda obtém-se representando numa escala linear de frequências os valores quadrados do ganho relativo de tensão e determinando a área limitada pela curva e pelo eixo das frequências. O valor obtido foi

$$\Delta' f_e = 8700 \text{ Hz.}$$

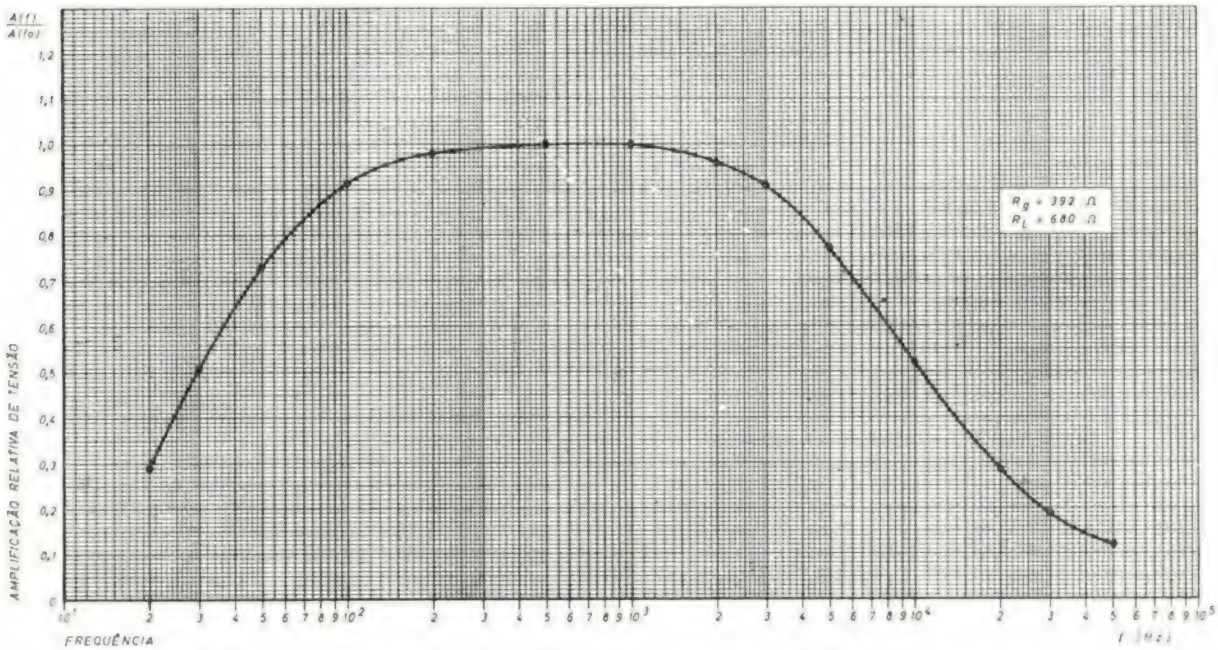


Fig. 2 — Curva de resposta do amplificador

O ganho de tensão nas frequências centrais é

$$A(fo) = 49000 \quad (94 \text{ db}),$$

a resistência de entrada é

$$R_i = 19 \text{ k}\Omega$$

e a resistência de saída varia de 130 Ω a 34 Ω entre 30 Hz e 20 kHz.

A largura de banda equivalente de ruído do amplificador definiu-se como a banda dum quadripolo ideal com um ganho de tensão constante e igual ao da banda central e capaz de fornecer

3 — FACTOR DE RUÍDO INTEGRAL

Principiaremos por expor os métodos utilizados na determinação experimental do factor de ruído integral, ou seja, o que está associado ao ruído estendido a todas as frequências.

Na base de todos os métodos está a definição do factor de ruído,

$$F(f) = \frac{N_2(f)}{N_2^*(f)} = \frac{N_2(f)}{G(f)\,N_1} \qquad (2)$$

sendo N_1 a potência disponível de ruído térmico à entrada do amplificador, $N_2(f)$ a potência disponível do ruído à saída, $N_2^*(f)$ a potência

disponível do ruído à saída suposto o amplificador ideal (sem ruído interno) e G (f) o ganho da potência disponível

3.1 — Método das potências disponíveis do ruído

Ligando a entrada do amplificador a uma resistência R_g, fonte de ruído térmico, poder-se-á calcular o factor de ruído integral calculando a potência disponível à saída a partir do valor eficaz da tensão de saída, U_{n2}. O esquema de princípio é o indicado na Fig. 3.

Sendo a resistência de entrada do amplificador independente da frequência, obtém-se

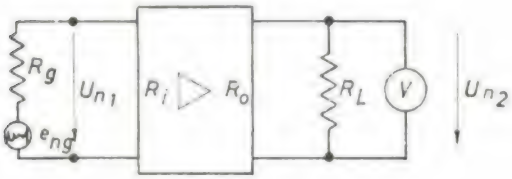


Fig. 3 — Método das potências disponíveis de ruído — Esquema de princípio

$$F = \left(\frac{R_i + R_g}{R_i}\right)^2 \frac{U_{n2}^2}{4\,K\,T\,R_g\,A^2\,(fo)\,\Delta' fe} \qquad (3)$$

em que

K — constante de Boltzmann = $1{,}38 \,.\, 10^{-23}$ Joule . $^{o}K^{-1}$

T — temperatura absoluta do sistema

O método exige, pois, o conhecimento de R_i, A (fo) e $\Delta' fe$ e a determinação, para cada valor de R_g, da tensão de ruído U_{n2}.

Para esse efeito utilizou-se um detector do valor quadrático médio da tensão constituído por um par termoeléctrico e um galvanómetro com uma resistência de amortecimento crítico muito superior à resistência do par (movimento fortemente amortecido).

Para valores altos de R_g a tensão U_{n2} pôde ser medida directamente com o par termoeléctrico (Fig. 4-a). Para valores baixos de R_g fez-se a amplificação da tensão de ruído com um amplificador de corrente contínua construído e calibrado para o efeito (Fig. 4-b), com uma resistência de entrada sensìvelmente igual à do par.

3.2 — Método do gerador de ruído branco

Utilizam-se como fontes de ruído a resistência R_g e um gerador de ruído branco (fig. 5).

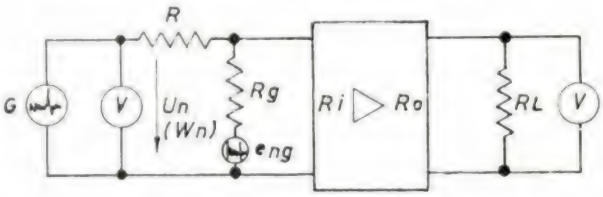


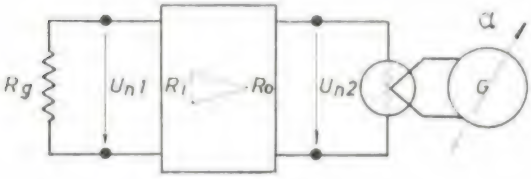
Fig. 5 — Método do gerador de ruído branco — Esquema de princípio

Com o gerador desligado obtém-se à saída do amplificador uma tensão de ruído U_{n2}. Ligando em seguida o gerador de ruído, regula-se a tensão deste até obter uma potência de saída dupla da anterior (ou seja uma tensão $\sqrt{2}\,.\,U_{n2}$). O factor de ruído será então

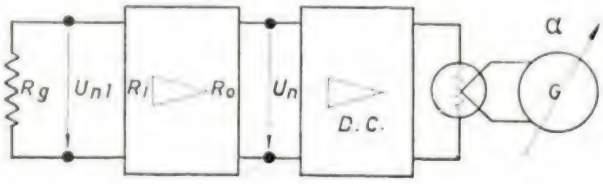
$$F = \frac{R_g}{R + R_g}\;\frac{W_n}{4\,K\,T}\,, \qquad (4)$$

sendo W_n o espectro de potência do gerador associado à tensão U_n necessária para a referida duplicação da potência, definida por

$$E_n^2 = \int_0^{\infty} W_n\,(f)\,df$$



a) Medição directa de U_{n2}



b) Medição de U_{n2} com amplificação

Fig. 4 — Esquema geral utilizado na determinação do factor de ruído pelo método das potências disponíveis

É possível determinar experimentalmente a relação entre W_n e a tensão nos terminais do gerador de ruído branco. No caso presente relacionou-se W_n com a tensão $\overline{U}$ indicada por um voltímetro electrónico, obtendo-se

$$W_n = 2{,}82 \cdot 10^{-5}\ \overline{U}^2 \qquad V^2 . Hz^{-1}$$

A duplicação da potência de saída do amplificador em estudo pode ser verificada de duas maneiras:

a) Por um detector do valor eficaz ou do valor quadrático médio da tensão. Utilizou-se um detector de valor quadrático médio, constituído pelo conjunto par termoeléctrico-galvanómetro (Fig. 6.a).

b) Por meio de um atenuador e um voltímetro corrente, de valor médio (Fig. 6.b).

Com $U_n = 0$ e atenuação nula lê-se a tensão à saída; introduzindo uma atenuação de 3 db aumenta-se a tensão U_n até se obter o mesmo valor no voltímetro.

Sendo U (f) a tensão do oscilador necessária para duplicar a potência de saída,

$$F = \frac{R_g}{R\,(R + R_g)} \left(\frac{A\,(f)}{A\,(f_o)} \right)^2 \frac{U^2\,(f)}{4\,K\,T\,\Delta' f_e} \qquad (5)$$

Utilizando f_o como frequência do oscilador teremos

$$F = \frac{R_g}{R\,(R + R_g)}\ \frac{U^2\,(f_o)}{4\,K\,T\,\Delta' f_e} \qquad (6)$$

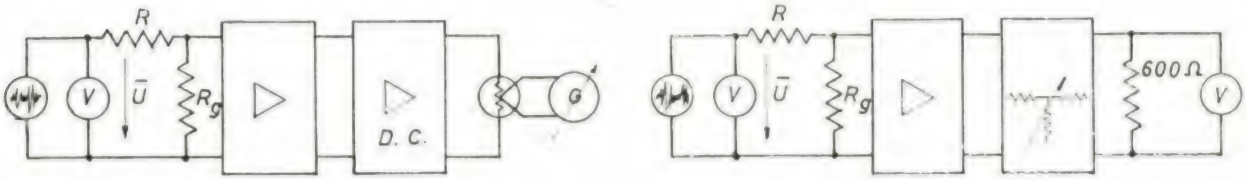
Para controle da duplicação da potência de saída utilizam-se anàlogamente os sistemas do detector quadrático e do atenuador, embora houvesse dúvidas sobre a validade deste último, uma vez que os espectros da tensão de saída, antes e depois da aplicação do sinal do oscilador, são bastante diferentes. Os resultados, porém, vieram demonstrar que o sistema é aplicável como no método anterior.

3.4 — Análise dos resultados

Uma das maiores dificuldades encontradas na determinação do factor de ruído resulta do próprio facto do amplificador ter baixo factor de ruído e alto ganho. Nestas condições são muito baixas as tensõs em jogo à entrada do amplificador, o qual fica altamente sensível a campos exteriores, apesar das blindagens utilizadas.

Assim, aparecem tensões parasitas de 50 Hz e harmónicos (2.°, 3.° e 5.°) que fazem com que a tensão de ruído à saída, e consequentemente o factor de ruído calculado, sejam superiores aos que se obteriam com uma blindagem magnética perfeita.

Por outro lado, como essas tensões parasitas apresentam flutuações e o espectro da tensão de ruído se estende até frequências muito baixas, os indicadores dos aparelhos têm por vezes oscilações



a) Sistema do detector quadrático

b) Sistema do atenuador

Fig. 6 — Esquemas de medição do factor de ruído pelo método do gerador de ruído branco

Como o desvio é o mesmo nas duas circunstâncias, o erro cometido é pequeno, mesmo que o espectro do ruído varie da primeira para a segunda leitura.

O método é de utilização geral, pois a sua aplicação não exige conhecimento algum do amplificador. A aparelhagem necessária pode ser de uso corrente, à parte o gerador de ruído branco calibrado, que é fundamental.

3.3 — Método da frequência única

O princípio é o mesmo do método anterior, simplesmente o gerador de ruído branco é substituído por um oscilador de tensão sinusoidal.

lentas, o que dificulta as leituras e origina grande dispersão de resultados.

Representam-se na Fig. 7 os valores, obtidos pelos vários métodos, do factor de ruído integral,

2 — Qualquer que seja o método considerado, verifica-se que o factor de ruído tem um valor mínimo para uma resistência do gerador entre 1000 e 2000 Ω.

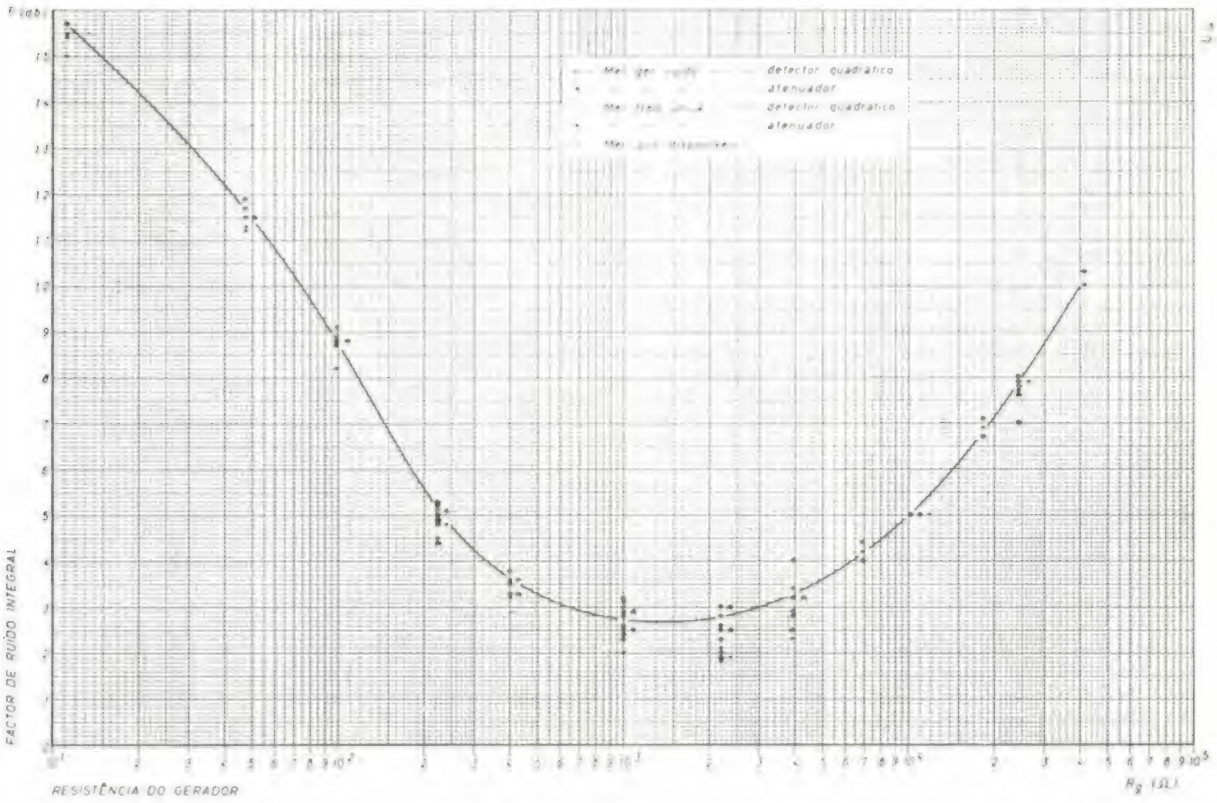


Fig. 7 — Variação do factor de ruído integral com a resistência do gerador

em db, para diversas resistências do gerador (*) e a curva de variação respectiva.

Da análise dos valores, e atendendo à sua dispersão dentro de cada método, pode concluir-se:

1 — Verifica-se boa concordância dos valores do factor de ruído calculados pelos métodos do gerador de ruído branco e da frequência única, utilizando quer o detector quadrático, quer o atenuador.

A concordância é maior para valores elevados de Rg, em que se utilizou directamente o par termo-eléctrico na determinação de U_{n2}.

(*) É de notar que valores iguais do factor de ruído para o mesmo valor R_g se representam ligeiramente deslocados no eixo das abscissas (Rg) para conveniente visualização.

Como o método do gerador de ruído branco é o de maior precisão, pelo menos nas condições em que os ensaios foram realizados, foi com base nos valores determinados por esse método que se traçou a curva de variação do factor de ruído integral com a resistência do gerador, representada na Fig. 7.

Verifica-se que o factor de ruído mínimo é

$$F_{min} \simeq 2{,}7 \text{ db}$$

para uma resistência da fonte

$$R_g \simeq 1500\,\Omega$$

4 — FACTOR DE RUÍDO PONTUAL

A determinação faz-se de modo idêntico ao do factor de ruído integral, introduzindo simples-

mente entre o amplificador e o detector da tensão de saída um filtro de banda estreita centrada na frequência em estudo, como se indica no diagrama de blocos da Fig. 8.

O filtro será, de um modo mais geral, um amplificador sintonizado.

cia única tornam-se de utilização pouco prática.

Por este motivo empregou-se exclusivamente o método do gerador de ruído branco, com os dois sistemas já referidos de controle da duplicação da potência de saída, sendo aplicável a

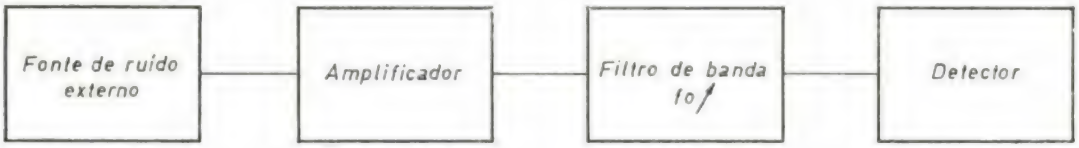


Fig. 8. — Determinação do factor de ruído pontual — Diagrama de blocos

O que se determina, evidentemente, é o factor de ruído da cadeia, mas sendo o amplificador de alto ganho de potência e baixo ruído a contribuição do filtro para o factor de ruído total é insignificante.

Pode em princípio aplicar-se qualquer dos métodos descritos anteriormente, sendo agora $\Delta' f_e$ a banda equivalente do conjunto amplificador-filtro.

Se, porém, a largura de banda do filtro não é constante para todas as frequências a ensaiar, os métodos das potências disponíveis e da frequên-

expressão (4). Os resultados obtidos pelos dois sistemas foram sensìvelmente iguais.

Na fig. 9 e 10 apresentam-se as curvas de variação do factor de ruído, em db, do amplificador em estudo.

5 — ESPECTRO DE POTÊNCIA DO RUÍDO

Fez-se a análise espectral da tensão de ruído do amplificador com um analisador tipo «PANORAMIC SONIC ANALYZER», modelo LP-1a. A indicação deste aparelho, visualizada num

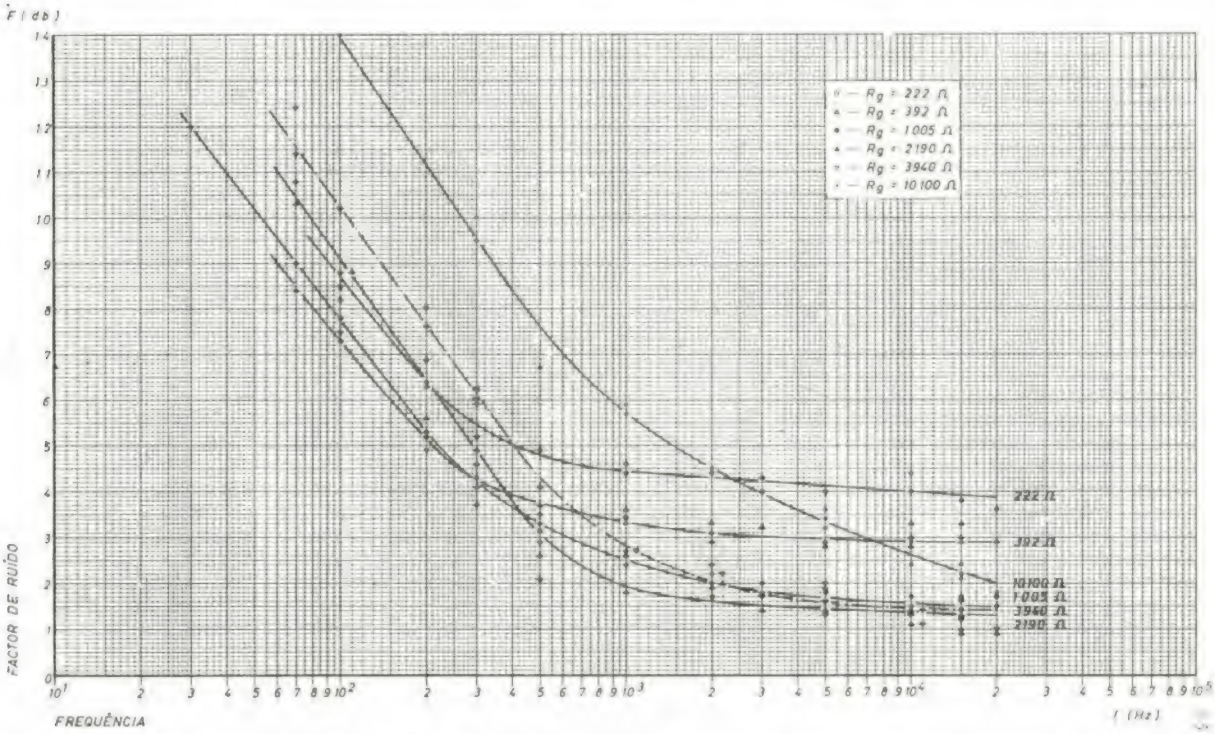


Fig. 9 — Variação do factor de ruído com a frequência

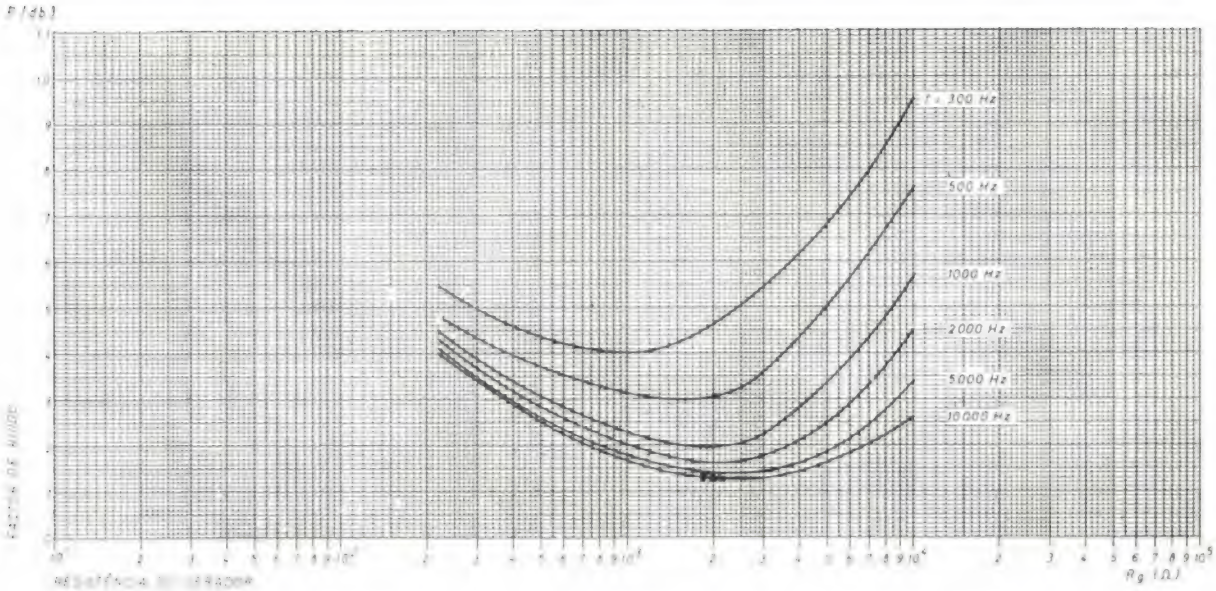


Fig. 10 — Variação do factor de ruído pontual com a resistência do gerador

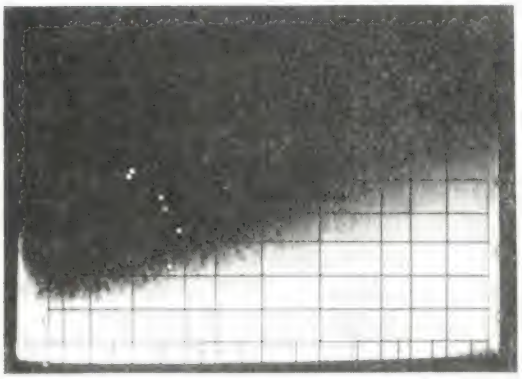


Fig. 11 — Espectrograma do ruído branco

tubo osciloscópico, é na realidade a densidade espectral w_n das amplitudes da tensão de ruído, definida por

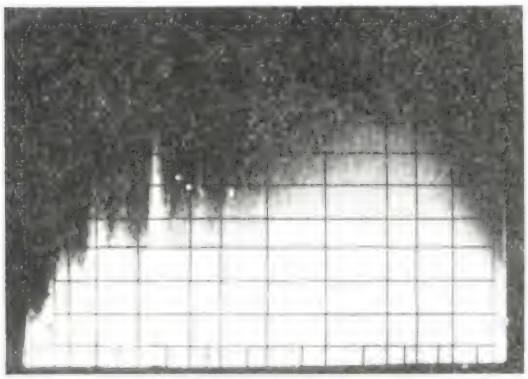
$$U_{n2}^2 = \int_0^{\infty} w_{n2}^2 (f)\, df$$

Na análise espectral de ruído em banda larga, de 40 a 20 000 Hz, a densidade espectral indicada pelo aparelho tem uma atenuação de 1,2 db por oitava.

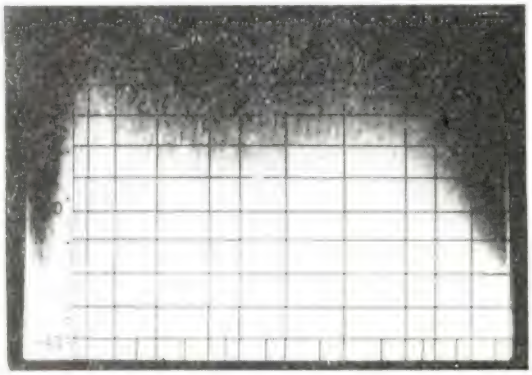
Apresentam-se nas Figs. 11 e 12 os espectrogramas da tensão do gerador de ruído branco e da tensão de ruído do amplificador para dois valores da resistência R_g.

No espectrograma correspondente a $R_g = 11{,}2\ \Omega$ são perfeitamente assinaláveis os picos devidos às tensões parasitas a 50, 100, 150 e 250 Hz.

Verifica-se, para esse baixo valor de R_g, que o espectro do ruído é aproximadamente uniforme na banda de 40 a 4000 Hz.



$R_g = 11{,}2\ \Omega$



$R_g = 3940\ \Omega$

Fig. 12 — Espectrograma da tensão de ruído do amplificador

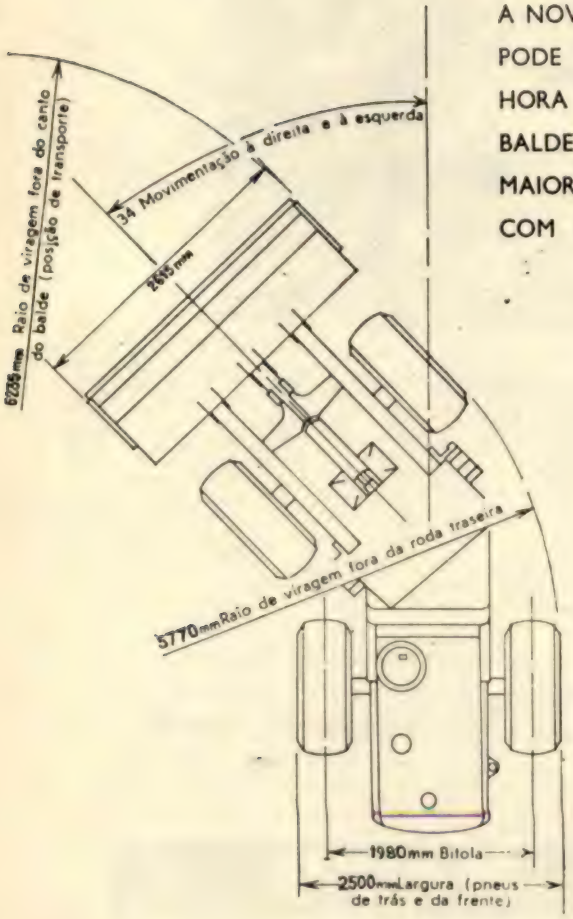
MAGUE

PÓRTICO DE 100t - 15t / 15m DESTINADO À CENTRAL DO CARRAPATELO DA HIDROELÉCTRICA DO DOURO, S.A.R.L.

PONTES ROLANTES, GUINDASTES E APAR. DE ELEVAÇÃO ESPECIAIS	*Projecto e fabrico*
TURBINAS HIDRÁULICAS	*Fabrico segundo licença de A. C. M. de Vevey, S. A.*
TURBINAS A VAPOR	*Fabrico segundo licença de Brown Boveri, Cie.*
CALDEIRAS A VAPOR	*Projecto e fabrico segundo licença de Foster Wheeler, Co.*
EQUIPAMENTOS E INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS	

CONSTRUÇÕES METALOMECANICAS **MAGUE** S.A.R.L

ALVERCA DO RIBATEJO — PORTUGAL



A NOVA H-65 C, ARTICULADA, COM UM BALDE DE 3.500 LITROS PODE TRANSPORTAR 240 METROS CÚBICOS DE CARGA POR HORA ÚTIL NUMA ÁREA ONDE UMA MÁQUINA COM UM BALDE DE 1.500 LITROS NÃO SE PODERIA MOVIMENTAR — MAIOR RENDIMENTO EM MENOS QUILÓMETROS, UMA MÁQUINA COM GRANDE POTÊNCIA E CARACTERÍSTICAS IDEAIS PARA TRABALHOS EM ÁREAS LIMITADAS

INTERNATIONAL HARVESTER

Fassio, L.DA

20, RUA JARDIM DO REGEDOR, 32
LISBOA, 2 — Telefones 36 19 02/3/4

6 — LIMIAR DE SENSIBILIDADE

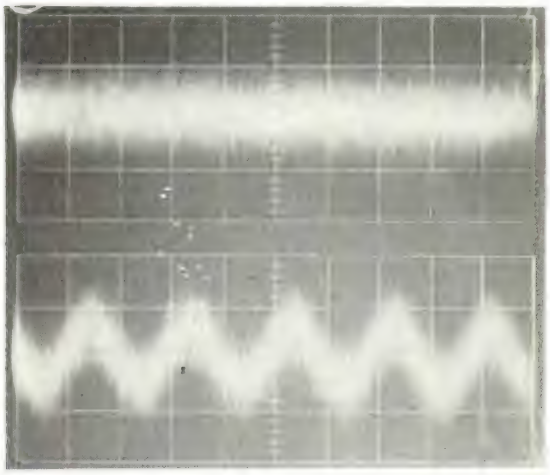
De acordo com a utilização normal dos amplificadores, limiar de sensibilidade será a tensão mínima de entrada a partir da qual a tensão de saída é proporcional à tensão de entrada.

Sob o ponto de vista de exploração das possibilidades de um amplificador de baixo factor de ruído tem interesse outra noção de limiar de sensibilidade. Nesse sentido, designaremos por limiar de sensibilidade a tensão de entrada em relação à qual o máximo da tensão de saída em vazio é igual ao pico máximo (com 84 % de probabilidade) da tensão do ruído.

Sendo o processo ergódico, a variância do ruído é igual ao valor quadrático médio da tensão em vazio. Nestas circunstâncias a potência disponível do sinal à saída é igual à potência disponível do ruído, e o limiar de sensibilidade será a tensão que se aplica à entrada do amplificador para obter à saída uma potência dupla da existente na ausência de sinal (método da frequência única para determinação do factor de ruído).

Este limiar de sensibilidade é função da frequência e da resistência da fonte, R_g. Verificou-se que é crescente com R_g e, para cada valor de R_g, é mínimo na banda de frequências centrais, entre 200 e 2000 Hz.

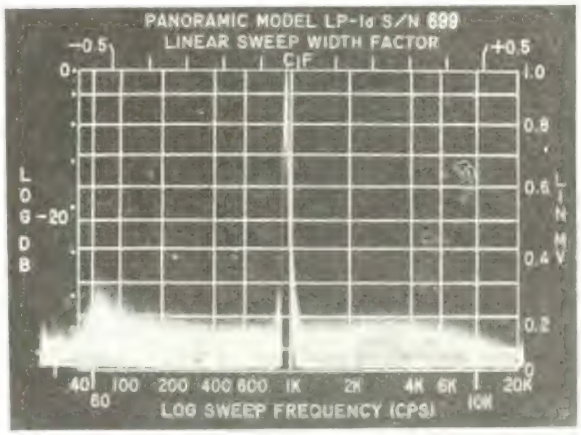
A Fig. 13 representa os oscilogramas da tensão de saída do amplificador para $R_g = 2190\ \Omega$: em a) sem sinal à entrada, e em b) com um sinal de 0,7 μ V a 1 000 Hz que é o limiar de sensibilidade como se definiu anteriormente.



$R_g = 2190\ \Omega$
$f = 1000$ Hz

Fig. 13 — Oscilográma do limiar de sensibilidade

A Fig. 14 representa o espectrograma correspondente (ordenadas em escala linear).



$R_g = 2190\ \Omega$
$f = 1000$ Hz

Fig. 14 — Espectrograma do limiar de sensibilidade

O limiar de sensibilidade diminui com a sintonização do amplificador, parecendo-nos ser um bom índice para o grau de melhoria introduzido pela sintonização.

BIBLIOGRAFIA

1 — Baelde, A. — *Theory and experiments on the noise of transistors.* Philips Research Reports Supplements, n.º 4, 1965.

2 — Bennet, W. R. — *Electrical noise.* London, Mc Graw-Hill Book Company, Inc. 1960.

3 — Dosse, J. — *Initiation au transistor.* Paris, Dunod 1964.

4 — Faro, M. J. A. — *Introdução ao estudo do ruido.* A.E.I.S.T. 1961-62.

5 — Faro, M. J. A. — *Bases teóricas para a determinação experimental do espectro de potência.* Memória n.º 171. Lisboa. L.N.E.C., 1961.

6 — Faro, M. J. A. — *Determinação do espectro de potência e da função de autocorrelação a partir de «séries de tempo».* Memória n.º 52, Lisboa, L.N.E.C., 1960.

7 — Hunter, L. P. — *Handbook of semiconductor electronics.* London, McGraw-Hill Book Company, Inc. 1962.

8 — Landre, R. W. D. C. Davis & A. P. Albrecht — *Electronic designers' handbook*, London, McGraw-Hill Book Company, Inc. 1957.

9 — Schwartz, M. — *Information transmission, modulation, and noise. A unified approach to communication systems.* London, McGraw-Hill Book Company, Inc. 1959.

10 — Schwartz, S. — *Selected semiconductor circuits handbook,* London, Johni Wley & Sons, Inc. 1960.

11 — Shea, R. F. — *Transistor circuit engineering.* London, Chapman & Hall, Limited. 1958.

12 — Ziel, A. van der — *Noise.* New-York, Prentice-Hall, Inc. 1954.

13 — Kandoian, A. G., *et al.* — *Reference data for radio engineers.* New-York, International Telephone and Telegraph Corporation, 1962.

14 — Swiontek, M.; Hassun, R. — *The influence of transistor parameters on transistor noise performance — A simplified presentation.* Hewlett-Packard Journal, vol. 16, n.º 7, March 1965.

15 — Walston, J, *et al.* — *Transistor circuit design. Texas Instruments Incorporated.* London, Mc Graw-Hill Book Company, Inc. 1963.

16 — Phelps, J. H., *et al.* — *Transistor manual.* New-York, General Electric Company, 1962.

C. D. U. 624.042.4
533.6.07

O TÚNEL AERODINÂMICO DO LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL

1.ª PARTE — DESCRIÇÃO GERAL

Por A. R. J. BORGES *

SUMÁRIO

Chama-se a atenção para a importância crescente do estudo da acção do vento sobre as construções e menciona-se a Aerodinâmica como disciplina auxiliar da Engenharia Civil.

Descreve-se o túnel aerodinâmico recentemente construído no LNEC com vista à realização de estudos experimentais neste domínio.

SUMARY

The paper starts with a brief review on the importance of atmosferic wind as main structural load and Aerodinamics as a scientific disciplin relevant to Civil Engineering.

The new LNEC low-speed wind tunel for structures research is next described.

1 — INTRODUÇÃO

Desde que em 1889 Lilienthal [1] ** realizou a primeira verdadeira experiência de aerodinâmica, utilizando o vento natural para a medição das características das suas superfícies sustentadoras, os meios postos ao dispor da Aerodinâmica têm sido concebidos para o avião e o seu progresso ritmado pela expansão vertiginosa da aeronáutica. Com a construção dos túneis aerodinâmicos de Eiffel e de Prandtl em 1909 [2] estava realizado o instrumento fundamental que permitiria obter a informação necessária à realização do vôo alado, em boas condições de segurança e economia, e que, além disso, se revelaria instrumento insubstituível em domínios mais vastos do que aqueles para que fora concebido.

Nas suas linhas gerais, um túnel aerodinâmico é uma instalação geradora de uma corrente de ar artificial, com características especiais, destinada à simulação experimental de certo tipo de escoamentos reais. A qualidade de um túnel aerodinâmico como instrumento depende do rigor com que se obtêm as características do escoamento experimental, fixadas à priori, da precisão com que se realizam as necessárias operações de manobra e regulação, e da facilidade e economia da sua exploração.

Com o advento dos túneis aerodinâmicos, o estudo das forças actuantes num modelo, submetido à acção de uma corrente de ar aproximadamente uniforme e permanente, tornou-se, acto contínuo, prática sistemática dos laboratórios de engenharia aeronáutica. Entretanto, a Engenharia Civil parecia disposta a minimizar a importância dos problemas de acção do vento e, deste modo, a possibilidade de progresso tecnológico que a existência de túneis aerodinâmicos lhe proporcionava. Com efeito, apesar de muitos túneis existentes poderem fornecer indicações preciosas quanto às forças eólicas actuantes nas construções, só em raros casos isolados se tomou a precaução de fazer o estudo aerodinâmico de construções civis. O trabalho publicado em 1933 por Dryden e Hill [3] sobre o ensaio de um modelo do Empire States Building é exemplo típico do que se acaba de expor.

Em 1940, a destruição total da grande ponte de Tacoma Narrows nos E. U. A. iniciou uma fase nova na aplicação da aerodinâmica à engenharia civil. Este colapso gerou o estímulo suficiente para que cientistas como von Kármán [4], Ackeret [5] e tantos outros se interessassem pelo estudo do comportamento aerodinâmico dos tabuleiros de pontes suspensas. Os ensaios, em túneis aerodinâmicos convencionais, de modelos

(*) Estagiário para Especialista, Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

(**) A lista de referências bibliográficas constituirá um anexo à última parte deste artigo.

rígidos, providos de suspensão elástica e aproximadamente representativos da geometria, massa e flexibilidade de um troço de tabuleiro da ponte de Tacoma, permitiram verificar que os fenómenos físicos que deram fim à importante construção eram de natureza aeroelástica, muito semelhantes a certos tipos de instabilidade das asas, estabilizadores e lemes de aviões, problemas que, ao tempo, muito preocupavam os meios ligados à aeronáutica. Após o desastre de Tacoma todas as pontes suspensas de alguma importância são objecto de estudo em túnel aerodinâmico.

Mas não é necessário que uma estrutura seja flexível para que as forças aerodinâmicas actuantes sobre ela sejam variáveis no tempo. A forma da grande maioria das estruturas, sendo fundamentalmente uma associação de superfícies prismáticas e cilíndricas, é razão suficiente para que um vento ideal, uniforme e permanente, provoque um escoamento pulsatório de tendência acentuadamente periódica, consequência directa das formações vorticosas geradas pela inter-acção do vento com a estrutura. Exemplos típicos de estruturas importantes com forma bàsicamente cilíndrica, geralmente agrupadas, são as torres de refrigeração das grandes centrais térmicas. Em 1965, três torres de refrigeração da central térmica de Ferrybridge na Grã-Bretanha ruíram sob a acção do vento. Estas estruturas eram de dimensões invulgares e, tal como outrora acontecera em Tacoma, a proporção do desastre estimulou a investigação das suas causas. Aos olhos do aerodinamicista Ferrybridge representava um problema interessante: A zona da construção estava livre de obstáculos importantes, as torres eram iguais, com forma relativamente simples, e a sua implantação regular. O estudo apresentado por Owen [6] no simpósio «Natural draught cooling towers — Ferrybridge and after» mostrou que, quando as torres de refrigeração estão agrupadas como em Ferrybridge, a interferência aerodinâmica de uma sobre as outras comanda o comportamento de cada uma delas, alterando substancialmente as amplitudes e frequências da excitação eólica em relação aos valores que seriam de esperar para uma torre isolada.

O vento natural é porém intrìnsecamente distinto do escoamento no interior de uma câmara de experiências de um túnel aerodinâmico convencional, apresentando não só forte variação dos valores médios das suas grandes características em função da altura acima do solo mas também carácter aleatório das flutuações no tempo destas mesmas grandezas. Isto significa que os problemas aerodinâmicos da engenharia civil são, em regra geral, extremamente complexos, requerendo a sua solução o concurso de equipamento laboratorial muito dispendioso e a utilização de técnicas de medição muito delicadas. Frequentemente, a resolução de um único problema exigirá mesmo a utilização de vários túneis aerodinâmicos cujas características específicas se adaptem à simulação dos vários aspectos da situação em estudo.

O interesse da Engenharia Civil pelos problemas de aerodinâmica é actualmente muito maior que outrora. Isto deve-se, em parte, às consequências desastrosas dos grandes colapsos, ao mais perfeito conhecimento hoje existente das características do vento atmosférico e, sobretudo, às novas formas das estruturas modernas e seus processos de fabrico, que não cessam de aumentar a importância do vento como solicitação estrutural. Assumem também igual relevância os problemas relacionados com o conforto e a higiene dos utentes dos edifícios e vias públicas em que o vento natural se apresenta frequentemente como factor de importância capital.

Sentindo a importância dos problemas de acção do vento em estruturas, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil resolveu criar um laboratório de aerodinâmica de que faz parte integrante o túnel a que se refere o presente artigo. Trata-se de um túnel aerodinâmico de baixa velocidade, com conduta de retorno e câmara de experiências fechada, concebido de forma a permitir a realização à escala de certas características importantes do vento natural.

Este artigo contém uma descrição geral do túnel que será completada com a publicação subsequente das características de projecto e das condições reais de funcionamento da instalação.

2 — CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS

2.1 — Generalidades

O túnel aerodinâmico do LNEC possui a configuração e dimensões principais indicadas na fig. 1.

A maior parte da conduta de retorno é exterior ao edifício, sendo construída em chapa de

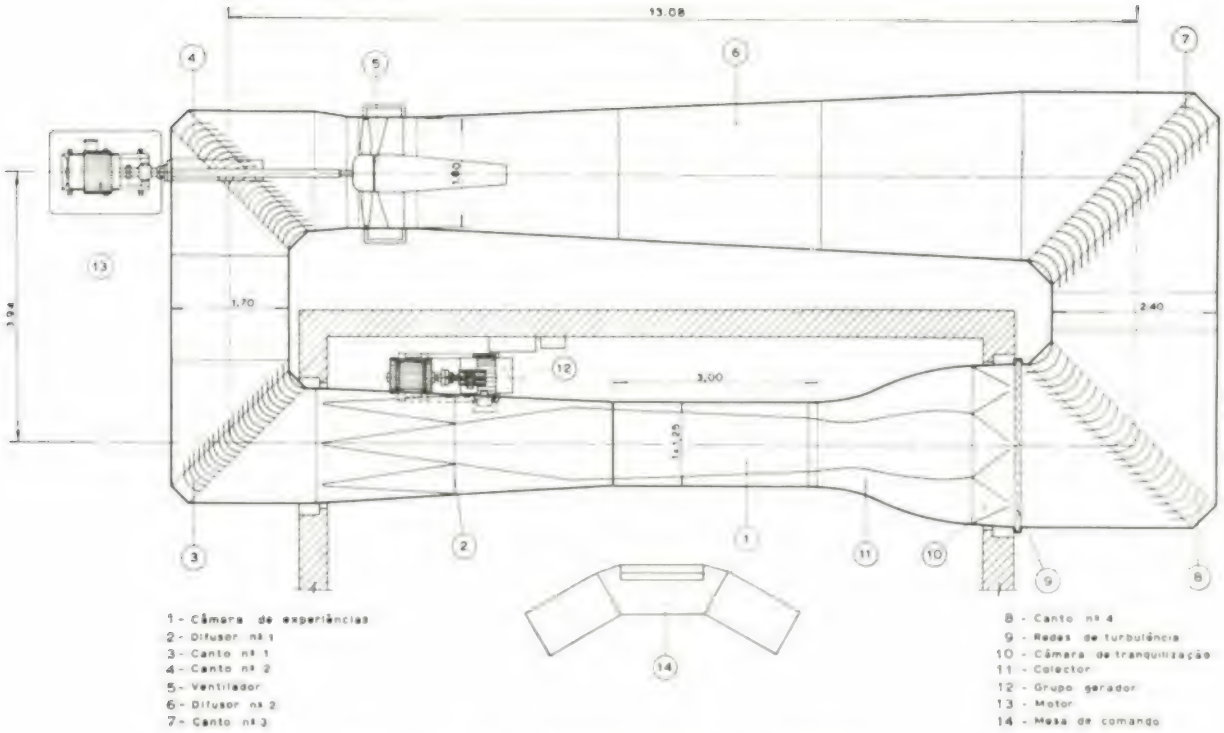


Fig. 1 — Planta do túnel aerodinâmico do LNEC

aço soldada, assente em berços de betão armado e fixada por braçadeiras e esticadores (Fig. 2).

A parte do túnel que é interior ao edifício é construída em contraplacado de tola e suportada por uma estrutura de aço.

Este túnel aerodinâmico é projecto do autor. A conduta metálica foi construída pela firma Corame, Lda., o ventilador é de origem alemã e a instalação motriz e de comando, de proveniências diversas. As peças de madeira e respectiva estrutura metálica, a instalação eléctrica e todos os trabalhos de acabamento foram executados nas oficinas do LNEC.

Fig. 2 — Vista geral da conduta de retorno

A instalação construída não inclui quaisquer sistemas de regulação automática de velocidade ou temperatura, aguardando-se que os resultados dos ensaios de calibração permitam decidir acerca das necessidades de regulação e tipo dos dispositivos a empregar.

2.2 — Câmara de experiências

A câmara de experiências tem 3 m de comprimento e secção recta bàsicamente rectangular, com 1,00 m de altura por 1,25 m de largura (Fig. 1).

Os cantos da câmara possuem filetes cuja secção recta tem a forma de um triângulo rectângulo isósceles. À entrada da câmara de experiências os catetos dos filetes têm 244 mm de comprimento. As suas dimensões vão diminuindo linearmente ao longo do comprimento da câmara de experiências de forma a compensar aproximadamente o acréscimo de espessura da camada limite da veia experimental.

Os primeiros 120 mm do comprimento total da câmara estão separados do corpo principal por intermédio de uma junta de feltro que reduz a transmissão de vibrações mecânicas. Este troço de entrada está rìgidamente ligado ao colector e permitirá a instalação de grelhas destinadas a geração de gradientes da velocidade média ou a produção de turbulência na corrente experimental. O corpo principal da câmara está montado sobre pernos niveladores e possui roletes que permitem a sua deslocação.

Entre a câmara de experiências e o 1.º difusor existe uma folga com cerca de 20 mm que funciona como respirador, permitindo manter a câmara de experiências à pressão atmosférica.

A câmara possui duas grandes aberturas em cada uma das paredes, sendo as aberturas laterais e as do tecto envidraçadas e destinadas em regra à observação. As duas aberturas inferiores possuem painéis de contraplacado e serão destinadas normalmente ao encastramento de modelos ou passagem de sondas.

A iluminação está assegurada por lâmpadas fluorescentes dispostas ao longo dos filetes de canto.

A fotografia da figura 3 permite apreciar o aspecto exterior da câmara de experiências.

2.3 — Difusores

À semelhança da grande maioria dos túneis aerodinâmicos do seu tipo, o túnel do LNEC possui dois difusores. O primeiro está colocado entre a câmara de experiências e o canto n.º 1 e o segundo entre o ventilador e o terceiro canto (Fig. 1).

O primeiro difusor deste túnel é constituído por dois troços distintos. O troço inicial é de madeira e permite a transição entre a secção de saída da câmara de experiências, bàsicamente rectangular, e uma secção intermédia, de forma octogonal regular. O segundo troço é metálico e faz a transição entre esta secção octogonal e a secção circular de saída do difusor onde está instalada uma rede de protecção. A relação entre as áreas das secções rectas de saida e entrada deste difusor é 1,86 e a taxa de aumento da secção recta equivalente à de um cone circular de 6,1° (ângulo compreendido entre geratrizes opostas).

O segundo difusor é totalmente metálico e de forma cónica, alojando no seu interior o fuso do ventilador. A relação de áreas é 2,49 e o ângulo do cone equivalente 5,9°.

2.4 — Cantos

Cada canto está equipado com uma persiana directora composta de 21 lâminas em chapa de aço com 3 mm de espessura. A relação entre a corda das lâminas e o passo é igual a 4. O perfil das lâminas é composto por um arco de circunferência e uma extremidade rectilínea conforme se indica na fig. 4.

A relação entre o diâmetro da conduta e a corda das lâminas directoras dos cantos 1 e 2 é igual a 3,97. A persiana do canto 2 é atravessada pela bainha do veio que possui forma fuse-

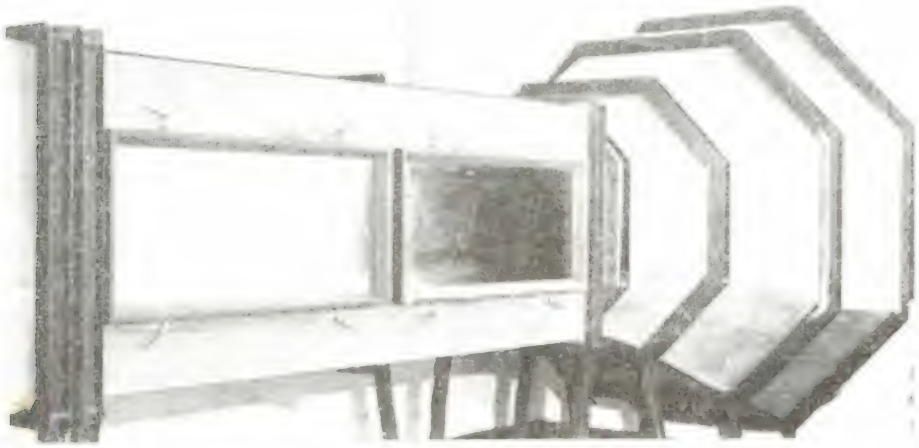


Fig. 3 — Câmara de experiências e colector

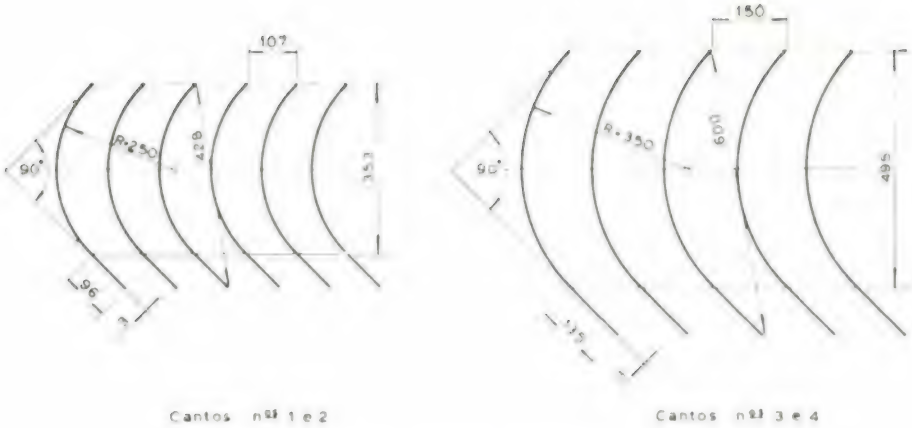


Fig. 4 — Lâminas directoras

lada, conforme se pode ver na fig. 5. O perfil da secção recta desta bainha é o «Navy Strut No. 1» [7] com 300 mm de corda.

A relação entre o diâmetro da conduta e a

Fig. 5 — Canto n.º 2

corda das lâminas directoras dos cantos 3 e 4 é igual a 4. As quinze lâminas centrais de cada um destes cantos estão contraventadas a meia altura (Fig. 6).

2.5 — O ventilador e a instalação motriz

O ventilador utilizado é de fabrico em série, da marca Voith, tipo 1600 N8E, com um diâmetro interior de 1600 mm. A roda do ventilador possui 12 pás de passo regulável individualmente e o difusor respectivo 9 lâminas de chapa. O diâmetro do núcleo é de 500 mm (Fig. 7).

O ventilador foi escolhido de forma a adaptar-se às características de um motor de corrente contínua existente no LNEC. Este motor desenvolve uma potência nominal de 24 kw a cerca de 900 r.p.m. o que permitirá a obtenção de uma velocidade máxima de cerca de 40 m/s para uma perda de carga total no circuito do túnel de 45 mm C. A.

O ventilador assenta numa base de betão por intermédio de apoios de borracha e está ligado à conduta do túnel por duas mangas de lona.

O motor está montado fora do túnel sobre um «chassis» metálico fixado a uma base de betão

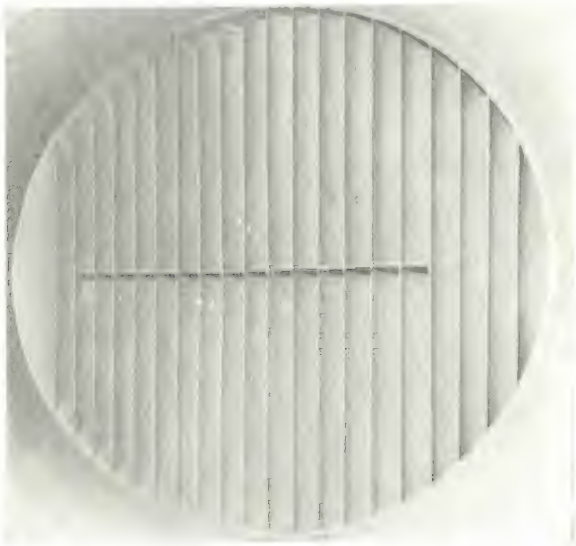


Fig. 6 — Canto n.º 3

(Figs. 1 e 2) e é accionado por um grupo gerador composto por um motor assíncrono de 50 HP, um dínamo de 30 kw e respectivos dispositivos de excitação, arranque e regulação. Estas máquinas estão ligadas de acordo com o esquema Ward Leonard, de forma a permitir a variação conveniente da velocidade de rotação do ventilador.

que faz a transição entre a secção circular do aro das redes e a secção octogonal regular de entrada no colector. As áreas destas secções de entrada e saída são iguais. Esta peça destina-se ao amortecimento parcial da turbulência fina gerada pelas redes, donde a sua designação de câmara de tranquilização *.

Da câmara de tranquilização o ar passa ao

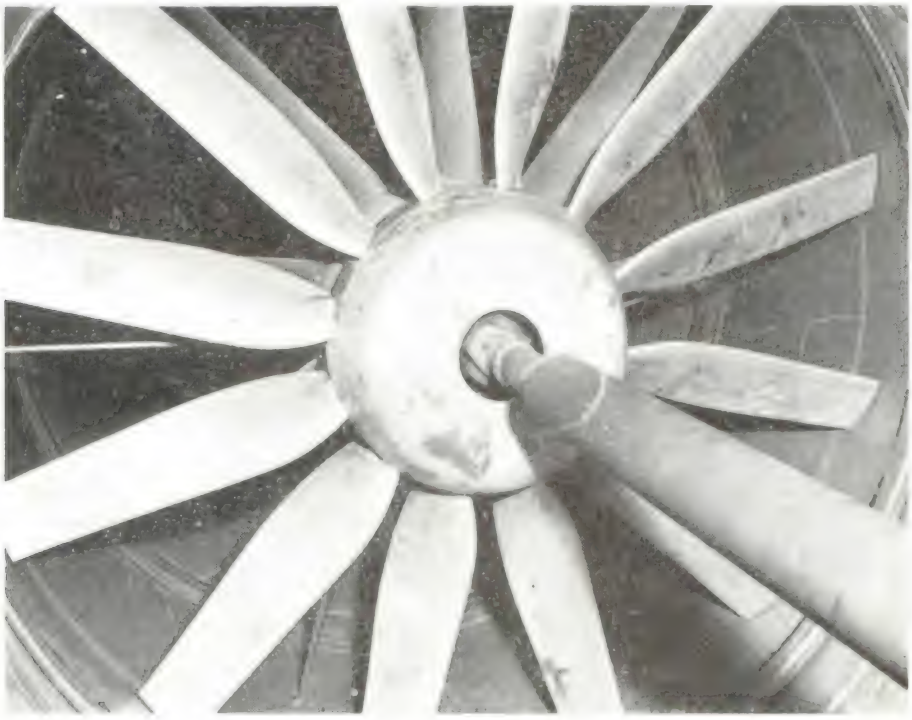


Fig. 7 — Ventilador

2.6 — Redes de turbulência, câmara de tranquilização e colector

As redes de turbulência estão montadas num aro de madeira existente a sotavento do canto 4, onde o diâmetro da secção recta da conduta apresenta o valor máximo (2400 mm). As redes têm malha fina, são em latão e destinam-se a uniformizar o escoamento e a reduzir a escala e intensidade da turbulência na câmara de experiências.

A seguir às redes de turbulência existe uma peça

colector que se prolonga até à câmara de experiências.

O colector destina-se bàsicamente ao mesmo fim das redes de turbulência, isto é, obtenção de um escoamento mais uniforme e menos turbulento, como resultado da forte aceleração imprimida à corrente de ar. O coeficiente de contracção (relação entre as áreas das secções de entrada e de saída) do colector é 4. Esta peça é de contraplacado de tola e tem 10 mm de espessura (Fig. 3).

* Do inglês «settling chamber».

dist. Belarte

...mas é um dos grandes da nossa série de fabrico de motores trifásicos

AEG

Era impossivel ser o maior, pois é V. que determina a sua grandeza. Nós dimensionamos o motor conforme as necessidades. Poderá ser um motor de 3000 kW, 5000 kW ou mais. Ao comprar-se um motor AEG, não se adquire sòmente o motor em si, como tambem uma experiência comprovada ao longo de largos anos. Tipo de protecção P23 W. Os nossos motores são à prova de intempéries, com refrigeração interna. Esta protecção é conseguida à custa da forma da sua carcaça, a qual protege todas as peças activas do motor contra os efeitos prejudiciais da entrada de água e de corpos estranhos, através dum isolamento dos enrolamentos, insensivel à acção da humidade, por pintura à prova de intempéries e dum filtro de ar incorporado.

A AEG projecta e fornece motores de accionamentos trifásicos destinados a qualquer ramo de indústria e a qualquer solicitação, como p. ex., rápida interpermutabilidade, ligação directa, arranque difícil, comutação da rede, bem como recuperação da velocidade nominal de rotação em carga, a quando de quedas de tensão.

Os nossos engenheiros estão ao v/ inteiro dispor para eventuais esclarecimentos.

AEG-LUSITANA DE ELECTRICIDADE

DESPOEIRAGEM

FILTROS TECIDOS EM PEÇAS, PANOS, SACOS, MANGAS

DE QUALQUER FIBRA NATURAL OU SINTÉTICA

FANAFEL

FÁBRICA NACIONAL DE FELTROS INDUSTRIAIS
SOCIEDADE LIMITADA

APART.: 9
TELEF.: 52091 PBX
TELEG.: FELTROS

OVAR
PORTUGAL

ESCRITÓRIO E FÁBRICA
ESTRADA DE S. JOÃO

Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações, L.da

(SONDADORA)

SONDAGENS geológicas e geotécnicas — CAPTAÇÕES de águas subterrâneas — REBAIXAMENTOS do nível freático — CONSOLIDAÇÕES E ESTABILIZAÇÃO do solo — INJECÇÕES DE CIMENTO e outros produtos — INFRAESTRUTURAS de barragens, túneis e pontes — FUNDAÇÕES de todos os tipos

Única Empresa da especialidade com sede no Ultramar Português

DELEGAÇÃO - LISBOA
R.S.Pedro de Alcântara, 1
Tel. 32 46 93 e 21 32 56

SEDE - LUANDA
Rua Serpa Pinto, 60
C.P.2178 - Tel.4226

MOÇAMBIQUE
L.Marques - C.P.982 - Tel.741121
Beira - C.P. 1002 - Tel. 71497

C. D. U. 331.823 : 627.82.055

A SEGURANÇA NOS ESTALEIROS E ALGUNS ASPECTOS COM ELA RELACIONADOS (*)

por ANTÓNIO PINTO ALMADA
Engenheiro Civil
da HICA

SUMARIO

Mostra-se como a criação de uma Comissão de Segurança permitiu uma redução substancial nos acidentes em estaleiros de barragens. Descreve-se a maneira como esta Comissão leva a cabo a sua tarefa de manutenção da segurança. Apresentam-se resultados estatísticos e medidas de prevenção dos acidentes e das doenças profissionais, focando-se por fim a prevenção da silicose.

SYNOPSIS

It is shown how the creation of a Committee on Security led to a substantial reduction of accidents in construction works of dams. The way this Committee carries out its task of maintenance of security is described. Some statistical issues are presented, as well as various measures to prevent accidents and professional diseases. The problem of preventing silicosis is finally focused.

Pela primeira vez me encontro perante tão grande auditório, confessando-me desde já com um certo receio. Mas o amável convite da Comissão Organizadora da V Semana de Engenharia Civil levou-me a aceitá-lo e a contribuir assim com a minha modesta quota parte para a vossa tão louvável Semana de Engenharia Civil.

Agradeço a presença de tão elevado número de alunos e engenheiros. Agradeço, também, a presença dos Ex.mos Professores deste Instituto Superior Técnico que muito me honra.

Peço a todos a vossa benevolência para as palavras que vou proferir.

Procurei expor com simplicidade, afirmando, desde já, que as minhas palavras nada têm de original. Elas são o resultado da experiência de 10 anos de estaleiro em obras hidroeléctricas, da efectivação dalguns estágios e pequenos cursos e, sobretudo, da colaboração prestada por vários colegas e mais pessoal, quer da minha empresa quer dos empreiteiros, que contribuiram, naqueles 10 anos, com os seus serviços para a Hidro Eléctrica do Cávado.

Antes de entrar, pròpriamente, no problema de segurança nos estaleiros vou indicar, em traços gerais, as obras levadas a efeito pela Hidro Eléctrica do Cávado, empresa concessionária dos aproveitamentos hidroeléctricos do Rio Cávado e seus afluentes, conforme vários decretos, o último dos quais, de 16 de Outubro de 1967.

Até esta altura a Hidro Eléctrica do Cávado mantém em serviço os seguintes escalões:

I — Escalão de Venda Nova (período de construção de 1947 a 1951)
II — Escalão de Salamonde (de 1951 a 1954)
III — Escalão de Caniçada (de 1952 a 1955)
IV — Escalão de Paradela (de 1954 a 1958)
V — Escalão do Alto Rabagão (de 1958 a 1965)

Presentemente mantêm-se em curso os estaleiros das Obras Complementares do escalão de Paradela, em fase adiantada de construção, e os do VI escalão de Vilarinho das Furnas, no Rio Homem, na fase de arranque de trabalhos.

A criação da grande albufeira do Alto Rabagão, com 800 milhões de m^3, alimentada em parte pelas bacias hidrográficas dos escalões de Venda Nova e Paradela veio reduzir a 55 % as bacias hidrográficas que alimentavam as albufeiras daqueles escalões. A possibilidade de transferir águas da albufeira de Paradela e Venda Nova e de Venda Nova para o Alto Rabagão por bombagem justifica o grande interesse em se aumentar os caudais afluentes de Venda Nova e Paradela.

Este interesse é ainda reforçado pela circunstância de os aumentos das bacias hidrográficas

(*) Conferência proferida na V Semana de Engenharia Civil, realizada no I. S. T. de 9 a 16 de Março de 1968.

de Venda Nova e Paradela se realizarem à custa de parte das bacias hidrográficas de Salamonde e Caniçada, escalões estes em que se verificam importantes descarregamentos em épocas de chuvas intensas, significando que uma parte considerável destes descarregamentos pode ser recuperada pela derivação dos volumes de água correspondentes para as albufeiras de Venda Nova e Paradela e pelo seu aproveitamento nestes escalões e nos de jusante. Uma parcela mais reduzida destes volumes de água pode ainda ser bombada para a albufeira do Alto Rabagão e valorizada neste escalão.

A ampliação da albufeira de Venda Nova, cuja execução está prevista para breve, consegue-se pela derivação para a respectiva albufeira da quase totalidade das águas da parte superior da bacia do Rio Cabreira, com uma área de 14 Km^2 e uma afluência média anual de 19,9 milhões de metros cúbicos.

A ampliação da bacia hidrográfica do escalão de Paradela é assegurada pela derivação da quase totalidade das águas das zonas mais elevadas de vários tributários (rios Toco, Cabril, etc.) da margem direita do Rio Cávado, com uma área total de 41 Km^2 e uma afluência total média anual de 129,3 milhões de metros cúbicos.

O acréscimo de produtibilidade média anual do sistema Cávado, avaliado nas condições mais severas, será de 110 milhões de kWh para um investimento total de 160.000 contos, resultando para aquele acréscimo um custo unitário de $135/kWh.

A ampliação da bacia de Venda Nova é aasegurada por um túnel de 650 m de extensão, com uma inclinação de 1 % e a secção de vazão de 2,94 m^2, em forma de ferradura, atendendo às cérceas dos equipamentos. Além deste túnel está prevista a execução dum açude no Rio Cabreira.

Na ampliação de Paradela há um túnel com a extensão de cerca de 10 Km, dos quais cerca de 7 Km já estão, nesta altura, construídos. As secções de vazão são variáveis e dependentes dos caudais, desde 9,05 m^2 a 15,6 m^2. Ao longo do túnel há açudes e outras obras de captação, nos diversos rios e ribeiros, sendo a inclinação normalmente de 4 ‰.

O escalão de Vilarinho das Furnas aproveita a energia da água do Rio Homem, numa queda máxima de 424 m, derivando a água armazenada na albufeira de Vilarinho — à cota máxima de retenção de 569,5 m — para a albufeira de Caniçada do Rio Cávado, situando-se o lábio do descarregador de saída dos grupos da central à cota 145,3 (cerca de 9 m abaixo do nível de pleno armazenamento do escalão de Caniçada).

A albufeira de Vilarinho das Furnas tem uma capacidade útil de 116 milhões de m^3 e a altura máxima da barragem é de 94 m.

As águas da albufeira são derivadas por meio dum túnel em carga com 6,8 Km de comprimento e de uma conduta forçada metálica de cerca de 1 Km até à central a céu aberto, localizada próximo das Caldas do Gerez e junto à albufeira de Caniçada.

A área total das bacias hidrográficas que alimentam a albufeira de Vilarinho das Furnas é de 77 Km^2 e o caudal integral afluente em ano médio é de 226.200.000 m^3.

A energia das águas armazenadas na albufeira de Vilarinho das Furnas depois de aproveitada na central do Gerez é ainda aproveitada na central de Caniçada.

A energia produtível em ano médio, resultante da execução do escalão de Vilarinho das Furnas é de 257 GWh, sendo 46 destes produtíveis no escalão de Caniçada.

Criação da Secção de Segurança

Vejamos agora como surgiu a criação da Secção de Segurança na Hidro Eléctrica do Cávado.

Nos diversos escalões da HICA, desde 1947 até 1958, verificaram-se os seguintes acidentes mortais:

Venda Nova	21
Salamonde	19
Caniçada	28
Paralela	39

ou seja, uma média anual superior a 12 acidentes mortais por ano.

Em face deste elevado número de acidentes mortais e doutros acidentes com incapacidades permanentes, especialmente ocorridos em Paradela, a Administração da HICA resolveu criar, em 1958, a Secção de Segurança com vista à prevenção dos acidentes de trabalho e doenças profissionais.

Acidentes mortais ocorridos nas obras da HICA

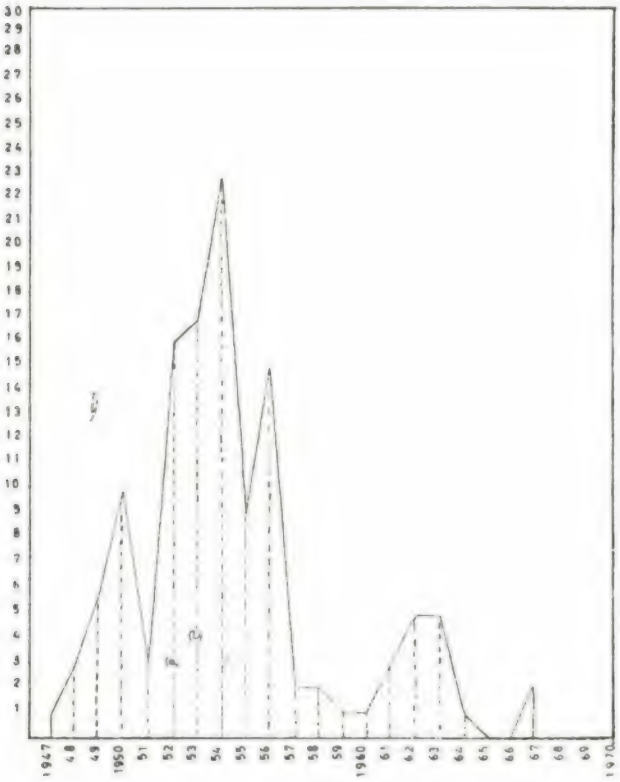


Fig. 1

Legenda:

a) Salamonde — 12. Caniçada — 4.
b) Salamonde — 3. Caniçada — 13. Venda Nova — 1.
c) Paradela do Rio — 11. Caniçada — 11. Salamonde — 1.

Períodos da construção dos aproveitamentos

Venda Nova	— 1947 a 1951
Salamonde	— 1951 a 1954
Caniçada	— 1952 a 1955
Paradela	— 1954 a 1958
A. Rabagão	— 1958 a 1965
O. C. Paradela	— 1966 a 1969
V. das Furnas	— 1967 a 1970

Com a entrada em funcionamento da Secção de Segurança os acidentes graves, especialmente os acidentes mortais diminuiram em ritmo considerável, passando num período relativamente curto, da média de 12 acidentes mortais anuais para uma média inferior a 2 acidentes por ano (fig. 1).

A referida Secção de Segurança é constituída pelo seguinte pessoal:

— 1 engenheiro que chefia a Secção, ocupando-se, apenas, dos problemas ligados à prevenção dos acidentes de trabalho e das doenças profissionais.

— 1 encarregado que, além de funções de fiscalização de segurança, se ocupa da Secretaria da Secção de Segurança onde se processa, fundamentalmente, a estatística dos acidentes ocorridos.

— 1 escriturário e 2 auxiliares de escriturário da Secretaria.

— 4 fiscais de segurança que colaboram na fiscalização da obra, sob o aspecto de segurança.

— 1 auxiliar de analista e 2 funcionários do laboratório da Secção de Segurança; as funções deste Laboratório serão indicadas adiante, quando tratarmos da prevenção das doenças profissionais.

Como se nota, o pessoal que compõe a Secção de Segurança é bastante reduzido. Merece especial referência a colaboração prestada pelos diversos serviços e secções da HICA e dos Empreiteiros, sem a qual não seria possível a melhoria das condições de segurança dos nossos estaleiros.

A partir de 1958 — data da criação da Secção de Segurança — os Cadernos de Encargos das diversas empreitadas passaram a impor o cumprimento de determinadas normas de segurança com vista à redução do número de acidentes e de doenças profissionais.

Por outro lado, a Comissão de Fiscalização das Obras dos Grandes Aproveitamentos Hidro-Eléctricos, do Ministério das Obras Públicas, criou em 1957 umas normas de segurança para trabalhos de escavação a céu aberto e subterrânea que têm sido actualizadas mercê de sugestões recebidas dos técnicos que mais de perto acompanharam a aplicação das referidas normas. Aproveito o ensejo para manifestar pùblicamente toda a colaboração prestada por aquela Comissão de Fiscalização aos diversos problemas de segurança.

Presentemente está publicada a 3.ª edição daquelas normas de segurança que trata, fundamentalmente, dos seguintes assuntos:

I parte — *Segurança no trabalho*

Capítulo I — Organização
Capítulo II — Assistência médica.

II parte — *Escavações a céu aberto*

Capítulo único — Valas. Escavações em encosta. Pedreiras.

III parte — *Escavações subterrâneas*

Capítulo I — Saneamento da rocha
Capítulo II — Entivações e ancoragens
Capítulo III — Ventilação
Capítulo IV — Circulação do pessoal e do material
Capítulo V — Luta contra as poeiras.

IV parte — *Meios de trabalho*

Capítulo I — Explosivos, tratando os diversos aspectos: generalidades, acessórios de fogo, conservação e transporte na obra, preparação das cargas, carregamentos dos tiros, antes da pega de fogo, pega de fogo, após a pega de fogo, tiros falhados, etc.
Capítulo II — Máquinas e equipamentos.

V parte — *Disposições de ordem geral*

Capítulo I — Protecção individual
Capítulo II — Medidas a tomar em caso de acidente
Capítulo III — Higiene do estaleiro Alojamento do pessoal.

Além destas disposições de segurança, as referidas normas incluem o Regulamento de Segurança no Trabalho de Construção Civil de 11/8/58, as normas de trabalho em ar comprimido (regulamento alemão de 29/5/35) índices de segurança, toxidade dos diferentes gases e primeiros socorros em casos de acidente.

Comissão e Inspecção de Segurança

A Comissão de Segurança e a Inspecção de Segurança de cada um dos empreiteiros são constituídas logo no início das obras.

A Comissão de Segurança é presidida pelo engenheiro residente da HICA e dela fazem parte:

o engenheiro responsável da empreitada
o engenheiro fiscal da Comissão de Fiscalização
o engenheiro chefe da Secção de Segurança da HICA
um médico dos Serviços Médicos da HICA
a assistente social da HICA

bem como todos os engenheiros, técnicos ou especialistas que a Comissão entenda dever agregar.

A Inspecção de Segurança — chefiada pelo engenheiro chefe da Secção de Segurança — é nomeada pela Comissão de Segurança e dela fazem parte, normalmente, os engenheiros da HICA e do Empreiteiro das diversas frentes de trabalho, encarregados, chefes de oficina da HICA e do Empreiteiro e todo o pessoal cuja colaboração se reconheça como conveniente.

As funções da Comissão de Segurança são as seguintes:

Ocupa-se dos problemas referentes às condições de trabalho do pessoal, não só com vista à prevenção dos acidentes, mas também a garantir a manutenção das indispensáveis condições de higiene no trabalho e fora dele. Tem ainda por missão analisar os inquéritos efectuados por cada acidente de trabalho, assegurar-se da aplicação das normas de segurança que fazem parte integrante dos Cadernos de Encargos, da execução de instruções e trabalhos de protecção, analisar as sugestões de alteração aos métodos de trabalho e de aplicação dos regulamentos, dimanar novas regras e planificar a acção conjunta de modo a desenvolver o sentido do risco provável.

A Inspecção de Segurança tem por missão aplicar as decisões tomadas, fazer respeitar os regulamentos de segurança, observar os trabalhos, inquirir das causas de cada acidente por insignificante que seja, assegurar o funcionamento da estatística dos acidentes, auscultar a opinião dos trabalhadores, procurar deles informações e sugestões e persuadi-los a colaborar no funcionamento de todo o sistema.

Dum modo geral, a Comissão estuda, decide e organiza e a Inspecção executa.

A Comissão de Segurança reune, normalmente, uma vez por mês, podendo, em certos casos, reunir com intervalos menores desde que haja assuntos de interesse a resolver; as reuniões da Inspecção também são variáveis conforme os problemas a tratar.

Acidentes de trabalho e doenças profissionais

A análise dos conceitos jurídicos de acidente de trabalho e de doença profissional não cabe no âmbito desta conferência.

Estes problemas são tratados através de diversa

legislação, merecendo especial referência a lei n.º 1942, além de diversos acórdãos do Supremo Tribunal Aministrativo que estabelecem doutrina.

As definições correctas de acidente de trabalho tornam-se difíceis apesar de várias tentativas de especialistas.

O Conselho Nacional de Segurança Americana define acidente como «um acontecimento ou rápida sucessão de acontecimentos resultantes dum erro pessoal ou de má condição de segurança que culmina num desastre». Em qualquer série de acontecimentos verifica-se:

a) — que a sua ocorrência está ligada à existência de máquinas, ferramentas, objectos ou materiais;

b) — que o sinistrado cumpria alguma obrigação ou trabalho;

c) — que de algum modo houve contacto entre o agente e o corpo do sinistrado.

Interessa indicar, nesta altura, a definição de *agente*. Trata-se do objecto, substância ou posição

Alto do Rabagão — Anos de 1958 a 1964

Acidentes por agentes

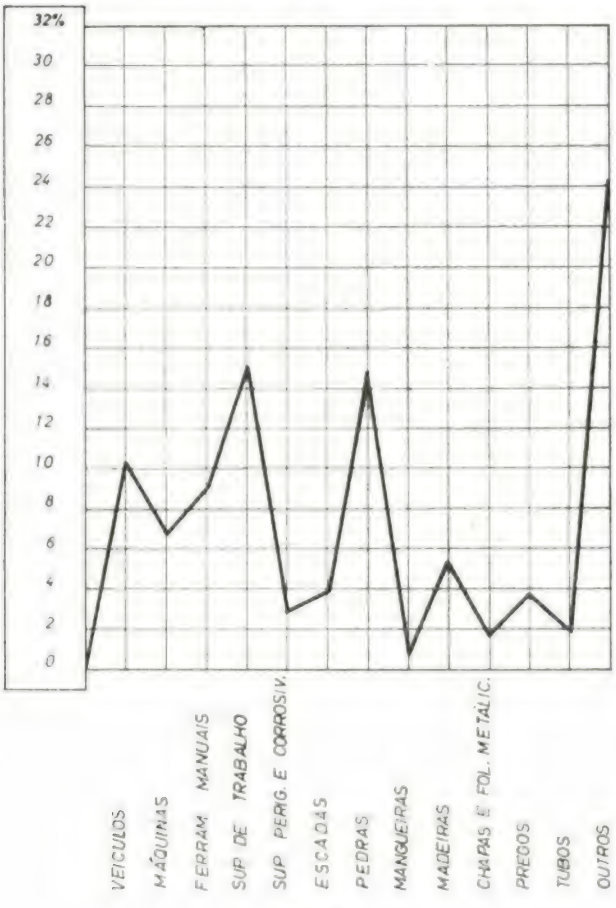


Fig. 2

Alto do Rabagão — Anos de 1958 a 1960

Acidentes por agentes

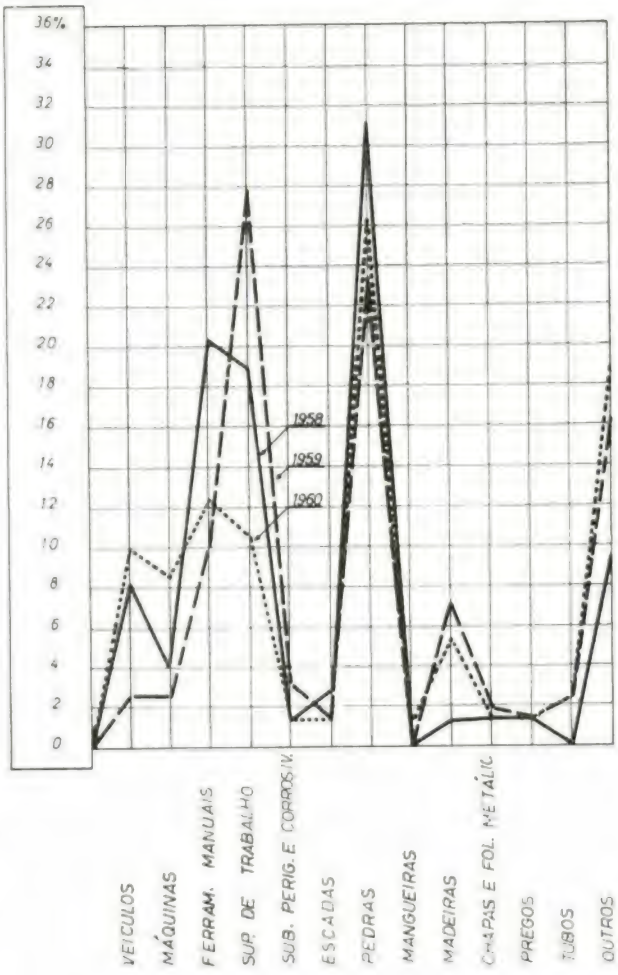


Fig. 3

no trabalho, associados com o acidente, cujas condições de segurança se revelaram insuficientes. Eis alguns exemplos de agentes: máquinas, veículos, pedras, escadas, superfícies de trabalho, produtos químicos, etc. (fig. 2, 3 e 4).

As doenças profissionais são a consequência duma acção lenta, repetida e duradoira originada pelo exercício duma determinada profissão. As doenças profissionais têm a sua causa fora do organismo. O acidente de trabalho verifica-se sùbitamente e na doença profissional não há uma data e origem determinadas.

O trabalhador está sujeito aos riscos dos acidentes de trabalho e das doenças profissionais. Estes ameaçam a sua vida e, simultâneamente, a dos seus familiares. A cobertura dos riscos, efectuada pelas Companhias Seguradoras ou pela Empresa afecta, dum modo geral, o seu salário

muitas das vezes já insuficiente. No caso de chefes de família essas consequências estendem-se às mulheres e filhos, agravando as condições do acidente ou da doença.

A política de prevenção dos acidentes de trabalho e das doenças profissionais corresponde, portanto, a um alto dever social.

Na construção dos aproveitamentos hidroeléctricos utilizam-se as mais variadas máquinas e equipamentos tais como bulldozers, blondins, escavadoras, martelos pneumáticos, camiões bas-

Alto do Rabagão — Anos de 1961 a 1964

Acidentes por agentes

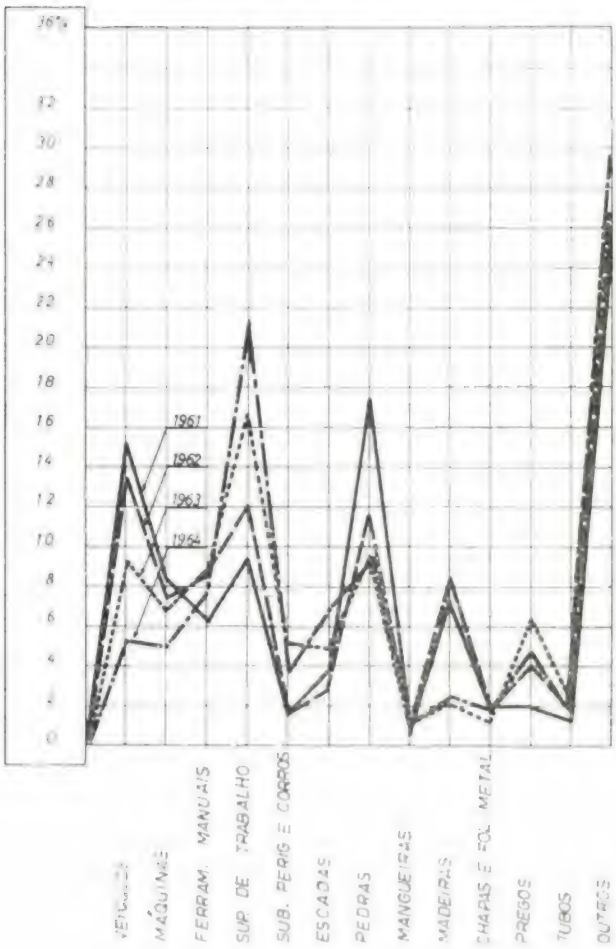


Fig. 4

culantes, euclids, etc. Há engrenagens, roldanas, cabos e transmissões que merecem atenção especial nos diferentes riscos que ocasionam aos trabalhadores.

Além disso há fumos, poeiras e vapores tóxicos que devem ser examinados e, na medida do possível, suprimidos. Há cargas, descargas, manobras de vários tipos que impõem estudo dos diversos riscos de acidentes.

A Secção de Segurança da Hidro Eléctrica do Cávado procura, na medida do possível, reduzir os riscos dos acidentes. Para isso necessita conhecer as causas que originam esses acidentes. Combatendo e eliminando essas causas executamos a prevenção dos acidentes de trabalho.

Para esta prevenção interessa a recolha de elementos estatísticos, efectuada através da estatística elaborada pela Secção de Segurança.

Assim, quando se verifica um acidente em determinada frente de trabalho, o fiscal da HICA e o encarregado ou capataz do Empreiteiro tomam as medidas convenientes para que o sinistrado seja prontamente socorrido através dos Serviços Médicos da HICA. No caso de acidente grave é dado imediato conhecimento ao engenheiro chefe da Secção de Segurança. Na zona do acidente paraliza todo o trabalho que possa alterar ou fazer desaparecer os elementos necessários à fiel reconstituição do acidente; o pessoal que testemunhou o acidente deve manter-se no local, aguardando a comparência do engenheiro chefe da Secção de Segurança ou do seu representante. Este procederá imediatamente a inquérito, a fim de averiguar as condições em que ocorreu o acidente e a culpabilidade, se for caso disso, do sinistrado, do capataz, do encarregado ou de outros.

Além disso o fiscal da frente elabora a participação do respectivo acidente, com todos os elementos indispensáveis. A partir desta elabora-se, na Secção de Segurança, a ficha do acidente onde consta, entre outros, os seguintes elementos:

identidade completa do sinistrado
elemento de obra
local
hora
parte do corpo atingido
descrição completa do acidente
testemunhas
causas do acidente
medidas futuras a adoptar, etc.

Além disso, a Secção de Segurança obtém outros elementos tais como resultados do inquérito, diagnóstico fornecido pelos Serviços Médicos, incapacidades, datas da alta, desvalorizações atribuídas, etc.

Alto do Rabagão — Anos de 1958 a 1964

Acidentes segundo as partes do corpo atingidas

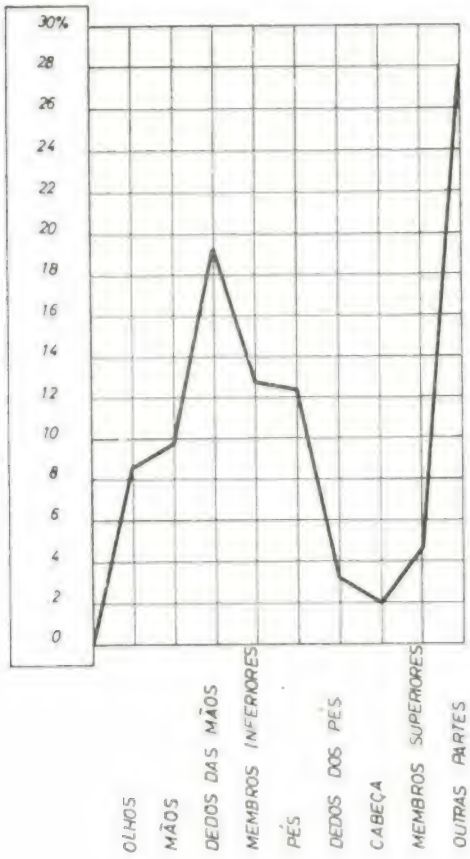


Fig. 5

Designa-se por *pequeno acidente* aquele que não ocasionou perdas de dias de trabalho ao sinistrado. Este apenas recebe o tratamento no hospital ou na ambulância portátil da frente e, em seguida, retoma o trabalho.

Os restantes sinistros que originam um certo número de dias perdidos são os *acidentes*.

No cálculo do número de dias perdidos não entram nem o dia do acidente nem o dia em que o sinistrado se apresentou ou poderia ter apresentado ao serviço.

Além das fichas já referidas para cada acidente há uma ficha de cada operário sinistrado onde se registam todos os acidentes e pequenos acidentes, segundo determinadas classificações.

Estes dois tipos de fichas permitem organizar uma estatística por meio duma compilação de todos os elementos, com gráficos, quadros, mapas, etc., que fornecem elementos de interesse, tais como:

número total de acidentes e pequenos acidentes
número de mortes por acidente
número de acidentes com incapacidades permanentes
percentagem de acidentes relativa ao número de operários
número de acidentes por elemento de obra
número de acidentes por partes do corpo atingidas (fig. 5)
número de acidentes por tipos (fig. 6)
número de acidentes por lesões (fig. 7)
cálculo dos índices de frequência e de gravidade (como veremos adiante), etc.

A partir dalguns destes elementos estabelecem-se medidas de prevenção, algumas das quais através da Comissão de Segurança e outras directamente pela Secção de Segurança.

Por vezes interessa o exame das condições em que ocorreu um desastre mesmo que este não provoque qualquer lesão ao pessoal. Estudando as causas desse desastre podemos evitar, futuramente, com medidas adequadas, graves acidentes de trabalho. Podemos citar, por exemplo, o rebentamento dum cabo de aço duma grua que não provocou acidentes pessoais. Em face do exame estabelecem-se medidas de prevenção tais como:

aumento da secção do cabo
exames periódicos por pessoal qualificado, etc.

Vejamos ainda, outro exemplo:

No túnel verificou-se um descarrilamento dum veículo com chassis de madeira. Estudadas as causas deste desastre, através de inquérito, chegou-se à conclusão que o descarrilamento foi provocado pelas deformações sofridas pelo chassis de madeira do referido veículo. Sendo assim, passou a impor-se a utilização futura de chassis metálicos.

Índices de frequência e de gravidade dos acidentes de trabalho

A estatística dos acidentes de trabalho fornece-nos elementos de muito interesse. Entre estes merece atenção especial a avaliação das condições de segurança através do cálculo dos *índices de frequência e de gravidade*.

A frequência e gravidade são determinadas por fórmulas escolhidas de modo a darem números de trabalho cómodos.

Assim designa-se por índice de frequência a relação

$$\frac{\textit{número de acidentes} \times 10^6}{\textit{número total de horas de exposição ao risco}}$$

e por índice de gravidade a relação

$$\frac{\textit{numero de dias perdidos} \times 10^3}{\textit{número total de horas de exposição ao risco}}$$

Normalmente estes dois índices referem-se a um período de um ano de trabalho.

A mão-de-obra do estaleiro do Alto Rabagão, de 1958 a 1965, foi de cerca de 44 milhões de horas de trabalho, chegando a manter em serviço, durante períodos relativamente longos, cerca de 4.000 homens. Para dar uma ideia deste grandioso escalão hidroeléctrico vou referir, em números aproximados, algumas quantidades de trabalho:

Volume de escavações para a barragem	2.000.000 m^3
Volume de escavações na pedreira	1.300.000 m^3
Volume de betões aplicado na barragem	1.200.000 m^3
Extensão do túnel de fuga (com 15,5 m^2 secção)	5,9 Km
Extensão do túnel Alto Cávado--Alto Rabagão	4,8 Km
Número de Km percorridos pelos euclids da pedreira para a barragem e volta	8.459 Km

O número de acidentes ocorridos naquele período em toda a obra, incluindo as fases de montagem do estaleiro e de acabamentos, foi de 2.141 acidentes, sendo 15 destes mortais. Os dias perdidos por estes acidentes não mortais foram de 74.065 e pelos acidentes mortais 90.000, considerando-se 6.000 dias perdidos por cada acidente mortal.

Os índices de frequência e de gravidade, no total da obra, foram, respectivamente, de 49,01 e 3,76. Estes valores dos índices foram aceitáveis, merecendo especial atenção os valores dalguns índices anuais de certos Empreiteiros e da HICA.

Calculámos, também, os índices relativos a certos elementos de obra-barragem, túnel de fuga, túnel Alto Cávado-Alto Rabagão, etc. — a fim de avaliar as respectivas condições de segurança, comparando-as entre si.

Uma redução apreciável do índice de gravidade corresponde, geralmente, a uma diminuição sensível dos acidentes mortais ou muito graves. O índice de frequência tem, também, interesse pois a sua descida corresponde a uma diminuição do número de acidentes, embora nada nos esclareça sobre a gravidade dos mesmos.

Estes índices, indicados pela maioria dos especialistas de segurança, permitem, portanto, avaliar as condições de segurança dos diversos empreiteiros ou empresas.

Outros especialistas costumam utilizar, em vez dos índices, o número de horas de trabalho sem acidentes para avaliar a eficiência dos sistemas de segurança de determinada empresa ou elemento de obra.

Alto do Rabagão — Anos de 1958 a 1964

Acidentes por tipo

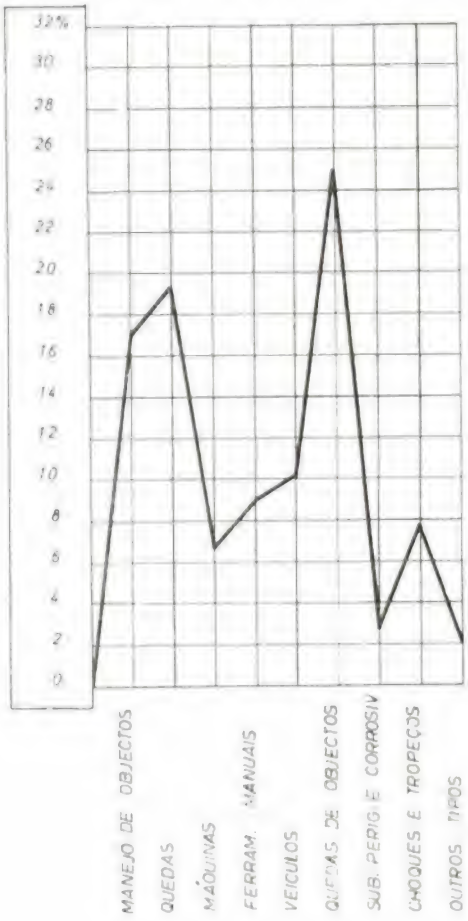


Fig 6

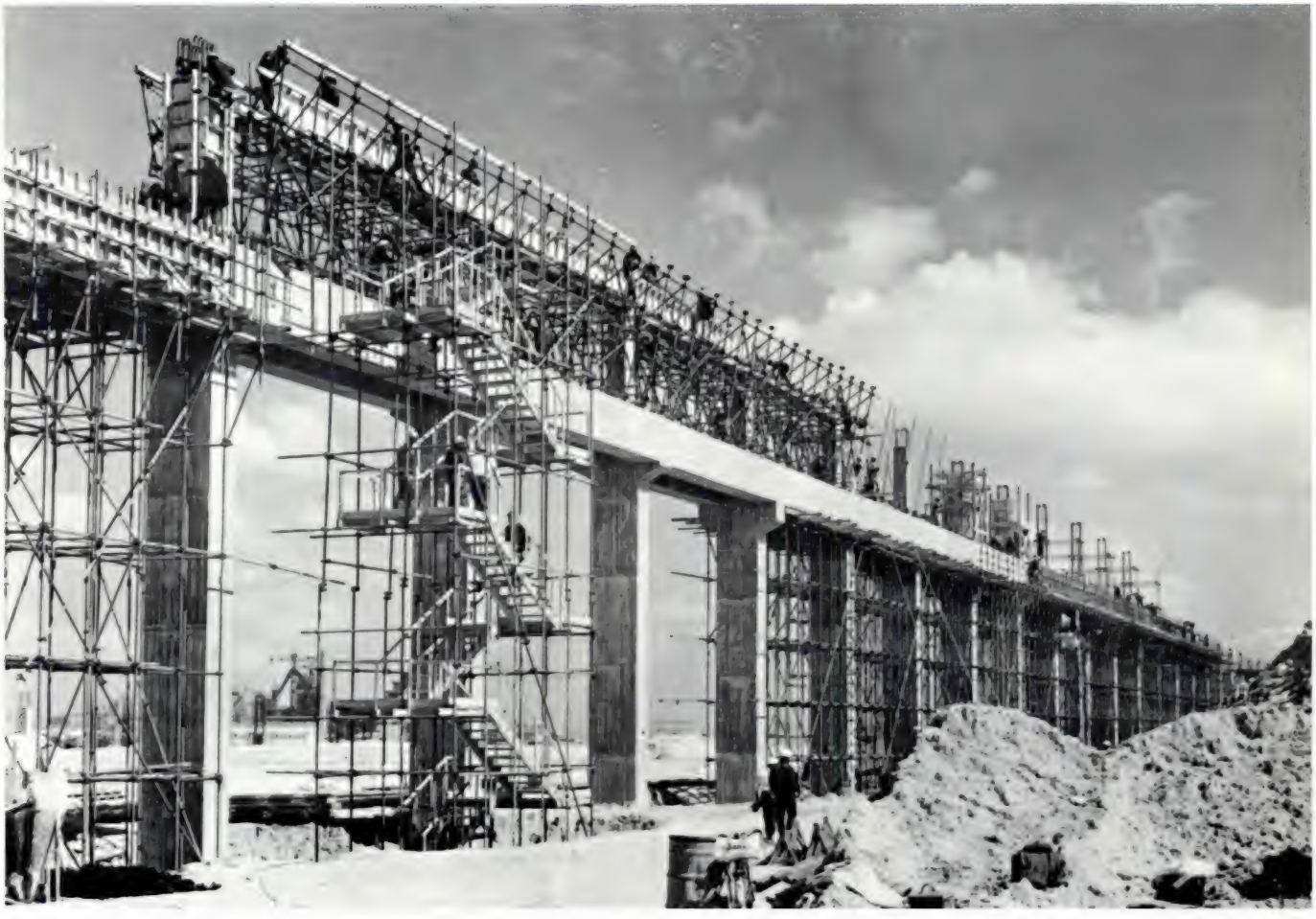
Outros resultados estatísticos e medidas de prevenção dos acidentes

Através das estatísticas de Paradela e do Alto Rabagão verificou-se que a maioria dos acidentes,

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.

PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13-3º TELEF. 366506 LISBOA 2

DELEGAÇÕES: CABO VERDE · ANGOLA · MOÇAMBIQUE



SIDERURGIA NACIONAL – Estruturas da Instalação de Laminagem (2.ª fase).

PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA • FUNDAÇÕES ESPECIAIS

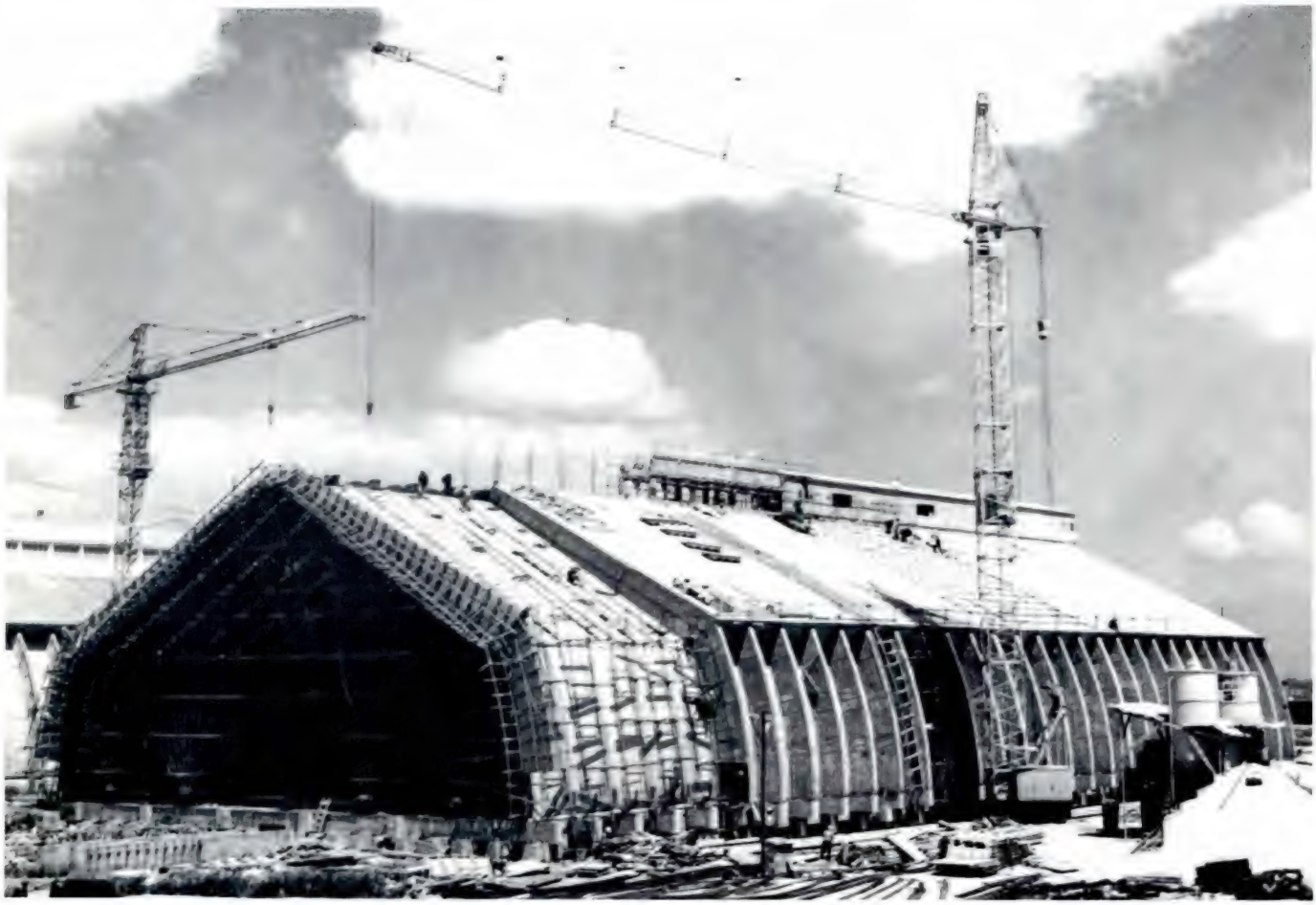
OBRAS MARÍTIMAS E PORTUÁRIAS • PONTES E VIADUTOS

CONSTRUÇÕES CIVIS • CONSTRUÇÕES INDUSTRIAIS

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.

PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13-3º TELEF. 366506 LISBOA 2

DELEGAÇÕES: CABO VERDE · ANGOLA · MOÇAMBIQUE



NITRATOS DE PORTUGAL

Silo para 30 000 t de Nitrolusal, fundado sobre 968 estacas de betão armado moldadas no terreno, com o comprimento total de mais de 8 quilómetros.

PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA • FUNDAÇÕES ESPECIAIS

OBRAS MARÍTIMAS E PORTUÁRIAS • PONTES E VIADUTOS

CONSTRUÇÕES CIVIS • CONSTRUÇÕES INDUSTRIAIS

nomeadamente os mortais teve lugar em operários cuja admissão se efectuara há poucos dias.

Muitos operários admitidos nas n/ obras, normalmente, são provenientes da lavoura e, portanto, desconhecem os riscos a que vão estar sujeitos.

A falta de formação de pessoal, conhecendo os seus postos de trabalho e os respectivos riscos, é um problema grave que acarreta uma grande parte dos acidentes.

Alto do Rabagão — Anos de 1958 a 1964

Acidentes por lesões

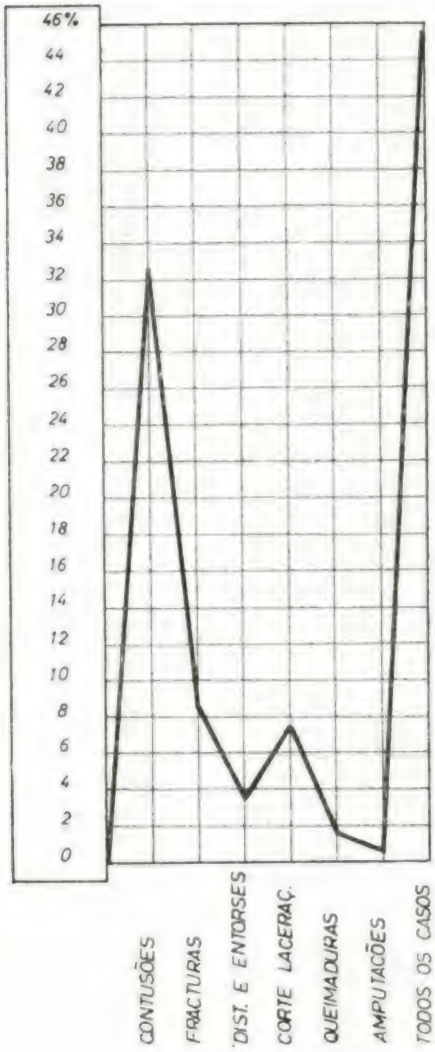


Fig. 7

Procuramos dar luta e melhorar as condições de trabalho destes operários, através de ensinamentos sobre segurança que lhes são prestados, fundamentalmente, pelos nossos encarregados, capatazes, fiscais e arvorados.

Para isso criámos pequenos cursos de segurança especialmente para estes encarregados, capatazes, fiscais e arvorados, onde são tratados os diversos problemas de segurança tais como normas, crítica dos principais acidentes ocorridos, noções sobre os perigos a que vão estar sujeitos, etc.

Nesta prevenção sobre o factor humano tem ainda um primordial papel a assistente social. Será a intérprete das nossas aspirações no seio familiar procurando que seja também a própria família a proporcionar os conselhos aos trabalhadores, mostrando-lhes alguns riscos a que estão sujeitos, e a firme necessidade de cumprirem as determinações e conselhos dos seus superiores. A assistente social deverá insistir nos prejuízos que à família causa o acidente de trabalho e procurará informar-se se o operário trabalha com vontade e sem receios, com confiança nos seus chefes, etc.

Os nossos Serviços Médicos colaboram permanentemente com a Secção de Segurança, tendo-se criado ùltimamente naqueles serviços a Medicina do Trabalho que visa sobretudo a assegurar e facilitar a conveniente colocação do trabalhador no posto de trabalho, a manter e melhorar a sua saúde, etc., enfim em criar um ambiente de trabalho em que se evite, na medida do possível, a doença e o acidente.

Em certos casos tem interesse também a psicotécnica encarregada da orientação psicofisiológica do trabalhador, no sentido da distribuição dos indivíduos pelos postos de trabalho em que sejam mais habilitados.

A Secção de Segurança actua, diàriamente, nos estaleiros com vista a uma prevenção dos acidentes de trabalho e das doenças profissionais.

A prevenção dos acidentes manifesta-se sob vários aspectos, através de variadas medidas quer incidindo sobre as causas humanas quer sobre as causas materiais.

Os trabalhos dum estaleiro são, normalmente, perigosos, interessando, portanto, reduzir os riscos.

Num estaleiro interessa dar aos trabalhadores um equipamento de protecção individual que seja susceptível de impedir os efeitos fisiológicos das diversas acções exteriores.

Assim, duma maneira geral, todos os operários utilizam capacetes de protecção.

Em face dos riscos diferentes dos trabalhos assim se impõe o uso de óculos apropriados,

luvas adequadas, cintos de segurança, fatos impermeáveis e botas de borracha, máscaras, etc.

A Secção de Segurança procura, em todas as frentes, criar uma arrumação do estaleiro e uma utilização conveniente do material ou equipamento em bom estado. A execução de pistas próprias, os materiais fora de serviço devidamente arrumados ou empilhados, a sinalização dos perigos, a interdição de pessoal estranho nos postos de transformação, na casa dos compressores, armazéns e oficinas são factores que interessam à segurança do pessoal.

As ligações das condutas do ar devem encontrar-se em perfeito estado.

Os problemas de iluminação nos subterrâneos são duma importância extraordinária. Ao ar livre, a iluminação também deve ser conveniente.

A circulação dos veículos pesados, incluindo euclids e bulldozers, em marcha-atrás, deve efectuar-se na presença dum sinaleiro ou ajudante munido de apito e, por vezes, de bandeira.

Além destas causas de acidentes merecem especial atenção, no caso de subterrâneos e pedreiras, os desprendimentos de rochas. Especialmente, nos trabalhos subterrâneos, causam, muitas vezes, a morte dos operários. Deverá, portanto, haver uma inspecção conveniente e frequente dos pés direitos e da abóbada, logo após a explosão da pega. Torna-se particularmente importante a efectivação do saneamento da frente após a pega e antes do início da extracção de escombros. As zonas próximas das pegas anteriores também devem ser devidamente examinadas. O pico do escombrador deve sondar as rochas dos pés direitos e abóbadas de forma que a zona que toca a oco seja devidamente observada, fazendo-se cair os blocos em mau estado.

As zonas perigosas devem ser entivadas com quadros de madeira ou com costelas metálicas e enchimento de madeira. Estas entivações devem ser verificadas, periòdicamente, a fim de nos assegurarmos se está ou não sobrecarregada.

Os problemas de explosivos — emprego e manutenção — só por si mereciam uma detalhada exposição. Eles conduzem, também, a um número elevado de sinistros mortais ou muito graves. A este respeito indico apenas que as explosões prematuras, nos subterrâneos ou nas escavações ao ar livre, são as causas da maioria desse tipo de acidentes de explosivos.

Salvo raras excepções é possível eliminar este acidente.

Vejamos, em traços gerais, as medidas de prevenção dos acidentes de trabalho nos estaleiros:

- Cumprimento das normas de segurança anexas aos Cadernos de Encargos.
- Cumprimento das disposições de segurança imposta pela Secção de Segurança e pela Comissão de Segurança.
- Reuniões periódicas nas frentes de trabalho com os encarregados, capatazes, fiscais, arvorados e mais pessoal a fim de criar o espírito de segurança.
- Exibição de filmes de prevenção, alguns deles extensivos aos próprios familiares dos trabalhadores.
- Distribuição de jornais e revistas de segurança nos locais frequentados pelo pessoal (Centro de Alegria no Trabalho, Centro do Pessoal, etc.).
- Afixação de comunicações diversas sobre segurança nas frentes de trabalho (castigos e louvores aplicados, listas dos acidentes ocorridos na frente, etc.).
- Afixação de cartazes sobre medidas de segurança nas diversas frentes.
- Cursos de prestação de primeiros socorros efectuados pelos Serviços Médicos.
- Colaboração prestada pela Assistente Social, pelo pessoal superior e dirigente dos Empreiteiros e da HICA e pela Comissão de Fiscalização, etc.

Medidas de prevenção de silicose

As poeiras em suspensão no ar provocam alterações nos nossos pulmões designadas por pneumoconioses.

Além das poeiras o ar contém, muitas vezes, fumos e gases que também atingem os nossos pulmões.

Muitas pneumoconioses são benignas pelo que não provocam perturbações apreciáveis no nosso organismo. Outras, porém, como a *silicose* ocasionam graves doenças que acarretam incapacidade para o trabalho. A silicose é uma pnemoconiose provocada pela inalação de poeiras que contêm sílica livre cristalina. Os pulmões são gravemente atacados, a função respiratória é reduzida e, em muitos casos, provoca a morte.

A fixação da nocividade dum ambiente é um problema muito difícil e complexo. Vários organismos como o Institut de Recherche sur la Silicose de Bochum, National Loal Boards, Les Charbonnages de France, Institut d'Hyggiène des Mines de Hasselt (Bélgique), Association des Industriels de Bruxelles e outros têm estudado o problema, fixando disposições legais admissíveis nos trabalhos subterrâneos e ao ar livre, assim como os tipos de aparelhos de captação e os modos operatórios apropriados. Tais disposições, variáveis de país para país, foram elaboradas a partir de estudos contínuos realizados em frentes de trabalho onde o pessoal era submetido a radiografias pulmonares periódicas e as nocividades dos ambientes eram determinadas, também periòdicamente, a partir do número de poeiras por cm^3 de ar e da percentagem de sílica livre cristalina.

Para a definição dos nossos ambientes de trabalho utilizamos, nos estaleiros das Obras Complementares de Paradela e nos de Vilarinho das Furnas, o índice coniótico definido pela expressão

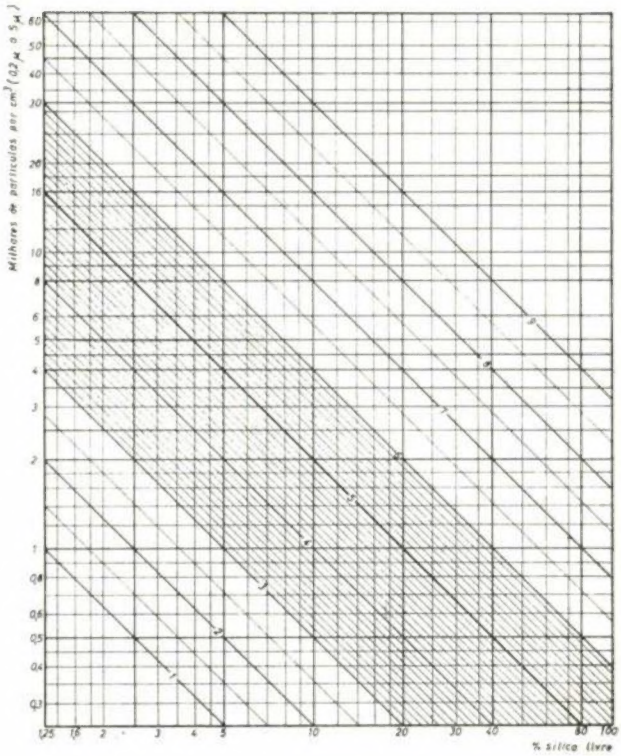
$$i = 3{,}32 \log NT - 9{,}3$$

índice este proposto pelo Institut d'Hyggiène des Mines de Hasselt onde tive ocasião de efectuar um estágio sobre estes problemas. Este índice conduz a resultados mais desfavoráveis que os restantes índices ou valores propostos por outros países que se dedicam ao estudo da prevenção de silicose.

Na referida expressão *i* é o índice coniótico *N* o número de poeiras por cm^3 compreendidas entre 0,5 e 5 mícrons, *T* o teor em sílica livre cristalina das poeiras. Considerar-se-ão silicogéneos os ambientes em que o índice coniótico seja superior a 5 (fig. 8).

A captação das poeiras é efectuada por um aparelho delicado, de origem inglesa, designado por precipitador térmico. Essas amostragens são em seguida contadas no Laboratório da Secção de Segurança, num microscópio especial dotado dum sistema de iluminação por lâmpada de vapor de mercúrio. Um outro aparelho — Scrubber — colhe, também, as poeiras nas diversas frentes de trabalho e em seguida essas amostras são enviadas ao mesmo Laboratório onde, a partir da acção fundamental do ácido fosfórico, se determina a percentagem de sílica livre cristalina.

Índices de nocividade das poeiras



Expressão gráfica de i = 3,32 log. N. T. — 9,3

Fig. 8

Com estes elementos — número de poeiras, de 0,5 a 5 mícrons por cm^3 e percentagem de sílica livre cristalina — determinam-se os respectivos índices e assim se classificam os ambientes em

silicogéneos e não silicogéneos

No escalão do Alto Rabagão e, presentemente, nas Obras Complementares de Paradela e nas do escalão de Vilarinho das Furnas a distribuição do pessoal pelas diversas frentes de trabalho é realizada segundo o estado sanitário e em face dos exames radiográficos pulmonares, efectuados no acto de admissão.

Os operários são classificados nos seguintes regimes:

Regime A — pode trabalhar em qualquer ambiente silicogéneo ou não.

Regime B — só pode trabalhar em ambiente não silicogéneo.

Regime C — só pode trabalhar, em determinada profissão, em ambiente não silicogéneo.

Rejeitados — não podem trabalhar no estaleiro.

Os operários em serviço estão sujeitos, periòdicamente, a novos exames radiológicos que poderão acarretar, se for caso disso, a mudança de regime *A* para *B*, de *B* para *A*, etc.

Estas mudanças duns ambientes de trabalho para outros, derivadas das revisões dos resultados, são efectuadas de acordo com a classificação dos ambientes, determinada pela Secção de Segurança.

Durante os 7 anos da obra do Alto Rabagão (incluindo neste período os reconhecimentos geológicos, as montagens de equipamentos e instalações, acessos, etc.) foram radiografados pelos Serviços Médicos da empresa cerca de 13.000 indivíduos cujos resultados foram aproximadamente os seguintes:

Regime A	—	cerca de	64 %
» B	—	» »	19 %
» C	—	» »	2 %
Rejeitados	—	» »	15 %

Procuramos dar luta aos empoeiramentos em todas as frentes de trabalho de modo a reduzir os ambientes silicogéneos. Neste aspecto tomamos essencialmente, as seguintes medidas:

Perfuração com injecção de água nos martelos, em todas as frentes de trabalho, incluindo mesmo as frentes situadas ao ar livre.

Ventilação aspirante em todas as frentes subterrâneas e, em certos casos, conjugada com ventilação insuflante junto à frente de ataque.

Rega abundante da frente e das paredes dos túneis antes do rebentamento da pega.

Rega abundante dos escombros durante a fase de extracção destes.

Abate dos empoeiramentos por meio de rega contínua e de dispositivos especiais (dispersores) nas instalações de britagen, selecção e noutras.

Utilização de máscaras nos ambientes silicogéneos.

Presentemente em face das medidas preventivas utilizadas, podemos afirmar que a maioria dos ambientes das nossas obras, quer subterrâneas quer ao ar livre, são consideradas não silicogéneas, em face dos resultados obtidos no Laboratório, a partir das amostragens captadas.

A pesar disso o maior número de poeiras surge nas proximidades das frentes subterrâneas (até cerca de 30 a 50 m) durante as fases de perfuração e remoção de escombros. O rebentamento da pega origina, também, uma grande concentração de poeiras na frente.

Antes de concluir esta minha simples conferência quero dirigir-vos um apelo para que todos os futuros engenheiros, possam colaborar nesta tão nobre campanha que precisa do vosso entusiasmo, do vosso interesse e da vossa colaboração pois que a segurança é uma obra colectiva capaz de gerar aos trabalhadores um ambiente de confiança e de bem estar, pela diminuição ou desaparecimento dos riscos e perigos iminentes.

A prevenção recompensa econòmicamente as empresas e, portanto, a economia nacional. Ela é acima de tudo um dever moral pois defende a vida humana.

Esta noção das medidas de prevenção dos acidentes de trabalho e doenças profissionais deve constituir, tal como se concluiu, no I Congresso Nacional de Prevenção de Acidentes e Doenças Profissionais «uma preocupação permanente nas actividades e na vida das colectividades humanas, diante das graves perturbações morais e materiais resultantes desses acidentes e doenças».

No referido Congresso considerou-se como uma das medidas essenciais de prevenção técnica o estabelecimento de regras de higiene e segurança no trabalho, devendo portanto publicar-se um novo Regulamento geral que enuncie as linhas mestras da acção preventiva a desenvolver em relação aos factores técnicos e médicos que interessa à higiene e segurança do trabalho.

A prevenção para ser eficaz terá de iniciar-se na escola e ser mantida em todos os níveis da escolaridade. Nós, engenheiros, deveríamos aperfeiçoar os nossos conhecimentos sobre prevenção de acidentes e doenças profissionais. A matéria é vasta e de muito interesse, parecendo-me aconselhável que num futuro próximo, estes problemas de segurança comecem a ser devidamente estudados nos cursos de engenharia.

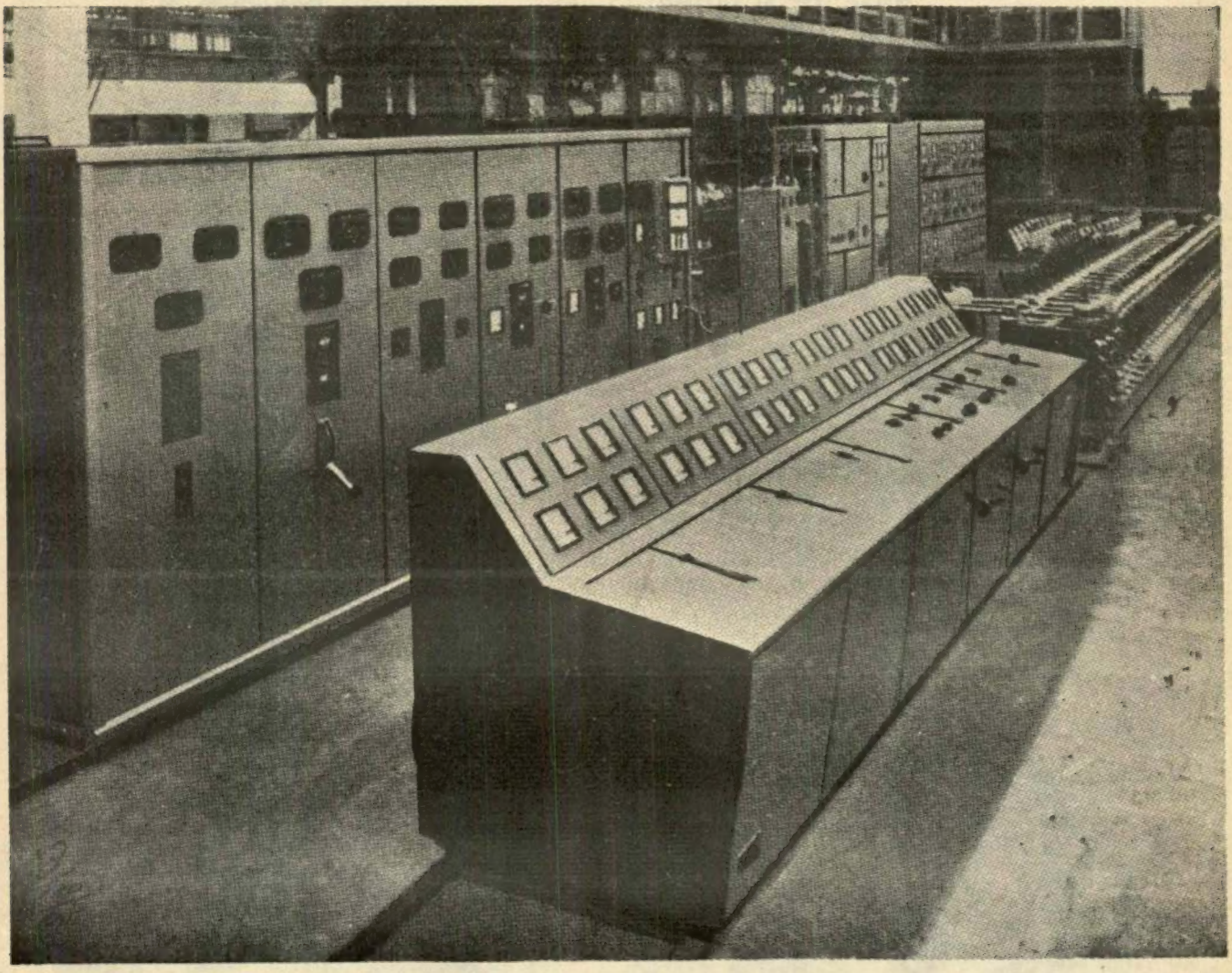
JAYME DA COSTA, L^DA

MECÂNICA E ELECTRICIDADE EM TODAS AS APLICAÇÕES

PORTO
Praça da Batalha, 12
Telef. 2 28 12 (PPC)

LISBOA
Rua dos Correeiros, 14
Telef. 32 70 35 (PPC)

LUANDA
Cx. Postal 5174
Telef. 4743



Material fabricado nas nossas oficinas, pronto para expedição

- Fabricação de aparelhagem eléctrica de alta e baixa tensão
- Equipamentos electromecânicos completos para centrais e fábricas
- Postos de transformação tipo monobloco
- Quadros blindados, capsulados e em armário
- Armaduras de iluminação de todos os tipos
- Contadores eléctricos e instrumentos de medida
- Telemedida e telecomando
- Instalações elevatórias de água
- Instalações de saneamento e esgotos
- Ferramentas de corte
- Motores Diesel industriais e marítimos
- Fogões eléctricos
- Frigoríficos
- Ventilação e condicionamento de ar
- Aparelhagem de Raios X e electromedicina